

Tomi Virtanen

# Verkkotietojärjestelmän hyödyntäminen kauko- lämpöverkon suunnittelussa ja kunnossapidos- sa

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (ylempi AMK)  
Maanmittaustekniikka  
Opinnäytetyö  
10.10.2016

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Tomi Virtanen Verkkotietojärjestelmän hyödyntäminen kaukolämpöverkon suunnittelussa ja kunnossapidossa.  39 10.10.2016
Tutkinto	insinööri (ylempi AMK)
Tutkinto-ohjelma	maanmittaustekniikka
Ohjaajat	ympäristöpäällikkö Hannu Laine lehtori Juhani Nippala
<p>Tämän insinöörityön tarkoituksena on selvittää kaukolämpöverkoston suunnittelussa, kunnossapidossa ja dokumentoinnissa käytössä olevan Trimble NIS verkkotietojärjestelmän nykytilaa ja selvittää voitaisiinko järjestelmää hyödyntää vielä tehokkaammin nykyisten työtehtävien tukena.</p> <p>Tutkimustyössä tutkittiin Trimble NIS:n käytettävyyttä kaukolämpösuunnitelmien tekoon ja kaukolämpöverkon kunnossapidon raporttien luomiseen. Tämän lisäksi tutkittiin nykyisen masterverkkomallin korjaamista sekä työskentelytapojen muuttamista siten, että verkkomalli olisi myös Trimble NIS:n kaukolämpölaskenta- sovelluksella käytettävissä.</p> <p>Tutkimustyön lopputuloksena saatiin selvitettyä, että kaukolämpösuunnitelmien teko Trimble NIS:llä onnistuu. Suunnitelmien tekeminen Trimble NIS:llä todettiin kuitenkin erittäin työlääksi, ja sen käyttöönottoa suunnitelmien tekoon ei nähty järkeväksi. Trimble NIS:n ominaisuudet eivät nykyisellään tue suunnitelmien tekoa tarpeeksi, ja vaativat kehitystyötä järjestelmän toimittajalta. Raporttien tekoon työkalua Trimble NIS:tä ei suoraan löydy. Valmiita ohjelmistotoimittajan tekemiä Access-raporttipohjia on muutamia käytettävissä, mutta ne eivät sisällöltään ole halutulla tasolla.</p> <p>Masterverkkomallin korjaamista kaukolämpölaskenta- sovelluksen käyttöön soveltuvaksi testattiin yhdessä kaukolämpöverkon dokumentoijan kanssa. Tutkimus osoitti, että itse masterverkkomalli on jo nyt eheyden osalta lähes kunnossa, ja laskentaa varten tehtävät korjaustyöt eivät vie mahdottomasti aikaa.</p> <p>Tutkimuksen johtopäätöksenä esitetään, että verkkomallin korjaus laskentaan soveltuvaksi toteutetaan, ja kunnossapidon raportoinnin kehittämiseksi aloitetaan oma kehitysprojekti, jonka tarkoituksena on jatkossa saada luotua tarvittavat raportit automaattisesti järjestelmästä käsin.</p>	
Avainsanat	paikkatieto, kaukolämpöverkko, verkkotietojärjestelmä

Author Title	Tomi Virtanen Utilization of the network information system of district heating network planning and maintenance
Number of Pages Date	39 10.10.2016
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering, Land Surveying
Instructors	Hannu Laine, Environmental Manager Juhani Nippala, Senior Lecturer
<p>The purpose of this final year project was to investigate how the district heating network planning and maintenance can take advantage of the Trimble NIS Network Information System to be used more effectively on the current jobs.</p> <p>The research was studied Trimble NIS's software usability of making plans and district heating network maintenance reports. In addition, examined the correction of the current master network model, as well as changes in working practices, so that the master network model can be used on Trimble NIS district heat calculation- application.</p> <p>The conclusions showed that plans can be made on Trimble NIS -program. However, Trimble NIS plans were found to act very laborious, and its introduction is not seen as making rational plans. The master network model calculation for the correction was considered to be rational, and the creation of maintenance reports start the development project, which aims to get the necessary reports in the future on Trimble NIS automatically.</p>	
Keywords	district heating network, network information system

## Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimuksen tausta ja tavoitteet	1
1.2	Tutkimuksen rajaaminen	1
1.3	Vantaan Energia Oy	2
2	Kaukolämpö	4
2.1	Mitä on kaukolämpö?	4
2.2	Kaukolämpöjärjestelmän toimintaperiaate	5
3	Vantaan Energian kaukolämpöverkot yksikkö	7
4	Kaukolämpöverkoilla käytössä olevien järjestelmien kuvaukset	9
4.1	Trimble NIS -verkkotietojärjestelmä ja sen ominaisuudet	9
4.1.1	Trimbe NIS -verkkomalli	9
4.1.2	MMS-kunnossapitosovellus	9
4.1.3	Pituusleikkaustoiminnallisuus	10
4.1.4	Kaukolämpölaskenta	11
4.2	Bentley Map PowerVieW	12
4.2.1	TerraHeat	13
4.2.2	TerraModeler	13
5	Nykyinen toimintamalli kaukolämpöverkon dokumentoinnissa, kunnossapidossa ja suunnittelussa	14
5.1	Kaukolämpöverkon dokumentointi	14
5.2	Kaukolämpöverkon johtosuunnittelu	15
5.3	Kaukolämpöverkon kunnossapito	17
5.4	Kaukolämpöverkon laskenta	19
6	Tutkimuksen taustaa ja tutkimusongelmat	21
7	Tutkimustyön suorittaminen	23
8	Tutkimustyö tulokset ja johtopäätökset	35
9	Yhteenveto	38

Liitteet

Liite 1. Sijoituslupa-ohjeistus

Liite 2. Vantaan kaupungin paikkatietoaineisto

Liite 3. Kunnossapitotarkastukset

## Lyhenteet

digitointi      Kaukolämpöverkon      piirtämistä      tietokantaan      Trimble      Nis      -  
verkkoteitojärjestelmällä.

Energiateollisuus ry

Sähkö- ja kaukolämpöalaa edustava elinkeinopoliittinen ja työmarkkina-  
poliittinen etujärjestö

johtoalkio      Verkkomallin johtoalkiolla kuvataan verkkokartan kaukolämpöjohtoa  
Trimble NIS -verkkotietojärjestelmässä.

verkkomalli

Trimble NIS -verkkotietojärjestelmän reaaliaikainen verkkomalli master-  
tietokannassa

MMS      Maintenance management system, Trimble NIS -verkkotietojärjestelmän  
kunnossapitosovellus

NIS      Trimble NIS eli Network Information System on kaukolämpöyhtiöiden  
käyttämä verkkotietojärjestelmä.

DGN      Bentleyyn CAD-tuotteiden käyttämä tallennusmuoto

# 1 Johdanto

## 1.1 Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

Tämä insinööritoimisto on tehty Vantaan Energialle. Sen tarkoituksena on tutkia ja selvittää yrityksen käytössä olevan Trimble NIS -verkkotietojärjestelmän keskeisimpiä käyttöön liittyviä puutteita kaukolämpöverkoston dokumentointi-, kunnossapito- ja suunnittelu- töissä. Vaikka Trimble NIS on suunniteltu kokonaisvaltaiseen kaukolämpöverkon hallintaan aina kaukolämpöverkoston suunnittelusta verkoston laskentaan asti, ei järjestelmää tällä hetkellä vielä kaikissa työvaiheissa täysin hyödynnetä. Järjestelmän vuosittaiset ylläpitokustannukset ovat myös merkittävät, joten tämänkin vuoksi järjestelmän käyttöasteesta ja käytettävyydestä haluttiin lisätietoja. Työtä varten selvitettiin nykyiset toimintatavat ja käytössä olevat järjestelmät verkoston dokumentoinnissa, kunnossapidossa sekä suunnittelussa. Tutkimustyössä tutkittiin kolmen työvaiheen suorittamista Trimble NIS:llä. Tutkimuksen lopuksi tehtiin yhteenveto verkkotietojärjestelmän toimivuudesta uusien työvaiheiden tekemisessä ja pohdittiin, kannattaako uusia toimintatapoja ottaa kaukolämpöverkoilla käyttöön.

## 1.2 Tutkimuksen rajaaminen

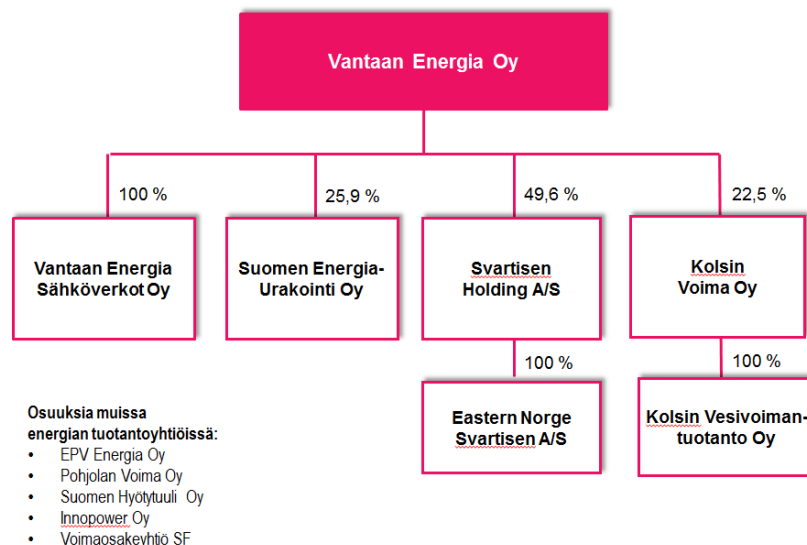
Tutkimus rajattiin koskemaan Vantaan Energia Oy:n tuotannon ja lämmönjakelun toimintoon kuuluvaa kaukolämpöverkoston yksikköä. Yksikön pääasiallisena tehtävänä on vastata kaukolämpöasiakkaiden ympärivuotisesta lämmönsaannista sekä kaukolämpöverkonverkon suunnittelusta, rakennuttamisesta, kunnossapidosta ja virtausteknisestä laskennasta. Yksikkö myös vastaa käyttämiensä suunnittelu- ja paikkatietojärjestelmien ylläpidoista, joihin kuuluvat verkkotietojärjestelmä Trimble NIS, Bentley Map Power-View sekä tämän päällä toimivat Terra-sovellukset. Tutkimuksessa ei paneuduta tarkemmin käytössä olevien järjestelmien ylläpitotöihin, ylläpitoon vaadittavien työkalujen käyttöön eikä verkostolaskennan teoriaan. Kaukolämpöverkkoon kuuluvat olennaisesti myös kaukolämpöpumppaamot sekä kaukolämpölaitokset. Näiden kunnossapito- ja

huoltotyöt eivät kuulu kaukolämpöverkot yksikön vastuulle, joten ne jätettiin tämän tutkimuksen ulkopuolella

### 1.3 Vantaan Energia Oy

Vantaan Energia Oy on kaupunkienergiayhtiö Vantaalta, ja se on yksi Suomen suurimmista energiayhtiöistä. Yhtiö perustettiin alun perin jo vuonna 1910, ja se kulki silloin nimellä Malmin sähkölaitos Oy. Vantaan Energian omistusosuudet jakautuvat Vantaan kaupungin ja Helsingin kaupungin kesken prosenttiosuuksien ollessa Vantaa 60 % ja Helsinki 40 %. Yhtiö tuottaa ja myy sekä kaukolämpöä että sähköä asiakkaidensa tarpeisiin. Sähköverkon rakentamisesta, käytöstä ja kunnossapidosta Vantaalla vastaa Vantaan Energia Sähköverkot Oy, joka on täysin Vantaan Energia Oy:n omistuksessa. Vantaan Energia-konsernin kokonaisuus on esitettyinä tarkemmin kuvassa 1. (Vantaan Energia 2016)

## Vantaan Energia -konserni



Kuva 1. Vantaan Energia-konserni



## Tunnuslukuja Vantaan Energiasta

- Työntekijöitä on yhteensä 339 kpl (2015).
- Kaukolämmön ja sähkön yhteistuotantovoimalaitoksia on kaksi kappaletta, Länsi-Vantaalla sijaitseva Martinlaakson voimalaitos sekä Itä-Vantaalla sijaitseva jätteenpolttolaitos
- Lämpökeskuksia kaukolämmöntuotantoon on 5 kappaletta. Nämä sijaitsevat Maarinkunnaalla, lentokentällä, Hakunilassa, Koivukylässä sekä Varistossa
- Kaukolämpöverkkoa on yhteensä noin 537 kilometriä ja sähköverkkoa yhteensä noin 3300 kilometriä
- Kaukolämpöä tuotetaan vuosittain Vantaalla noin 1700 GWh ja sähköä Vantaan laitoksissa yhteensä noin 530 GWh

## 2 Kaukolämpö

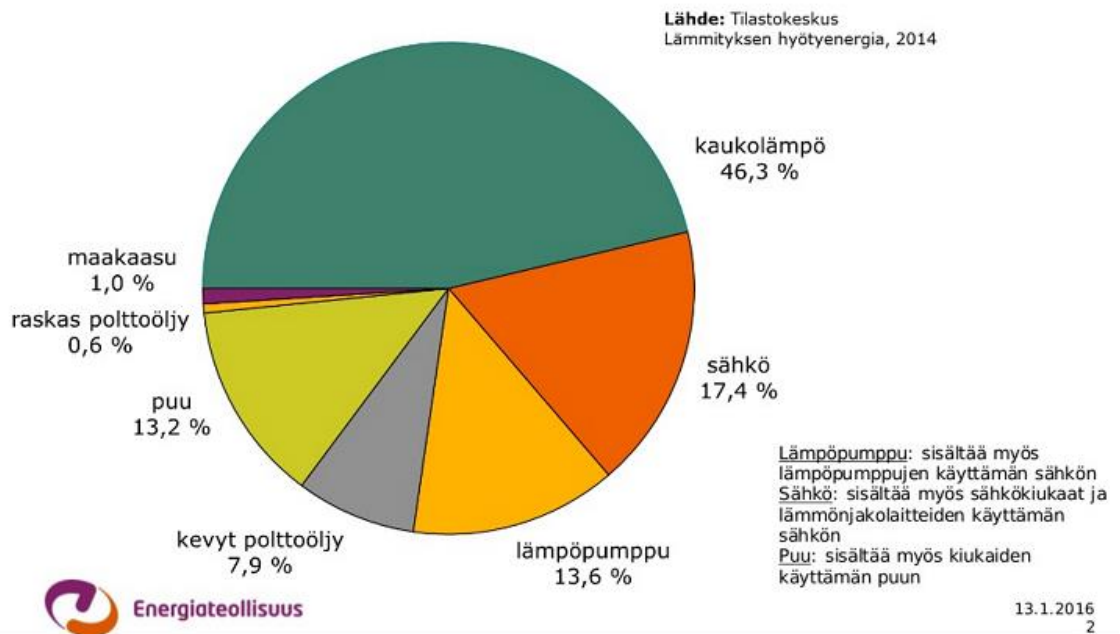
### 2.1 Mitä on kaukolämpö?

Kaukolämpö on Suomen yleisin rakennusten lämmitysmuoto, ja on erittäin yleinen etenkin kaupunkien taajama-alueilla. Suomessa kaukolämpöä on ollut saatavilla jo 1950-luvulta lähtien. Kaukolämmön osuus (kuva 2) koko lämmitysenergian kulutuksesta Suomessa on valtakunnallisesti noin 50 prosenttia, ja suurimmissa kaupungeissa vastaava lukema on noin 80...90 prosenttia (Kaukolämmitys 2016).

Kaukolämmityksellä on seuraavia ominaisuuksia

- Lämpö tuotetaan keskitetyssä kohteessa/kohteissa ja jaetaan verkon välityksellä asiakkaille
- Siirtoaineena toimii käsitelty vesi tai höyry
- Asiakkaina ovat asuintalot, teollisuus, liikerakennukset ja julkiset rakennukset
- Asiakkaat käyttävät lämpöä rakennusten tilojen ja käyttöveden lämmitykseen (Kaukolämmön käsikirja 2006: 25).

## Lämmityksen markkinaosuudet Asuin- ja palvelurakennukset

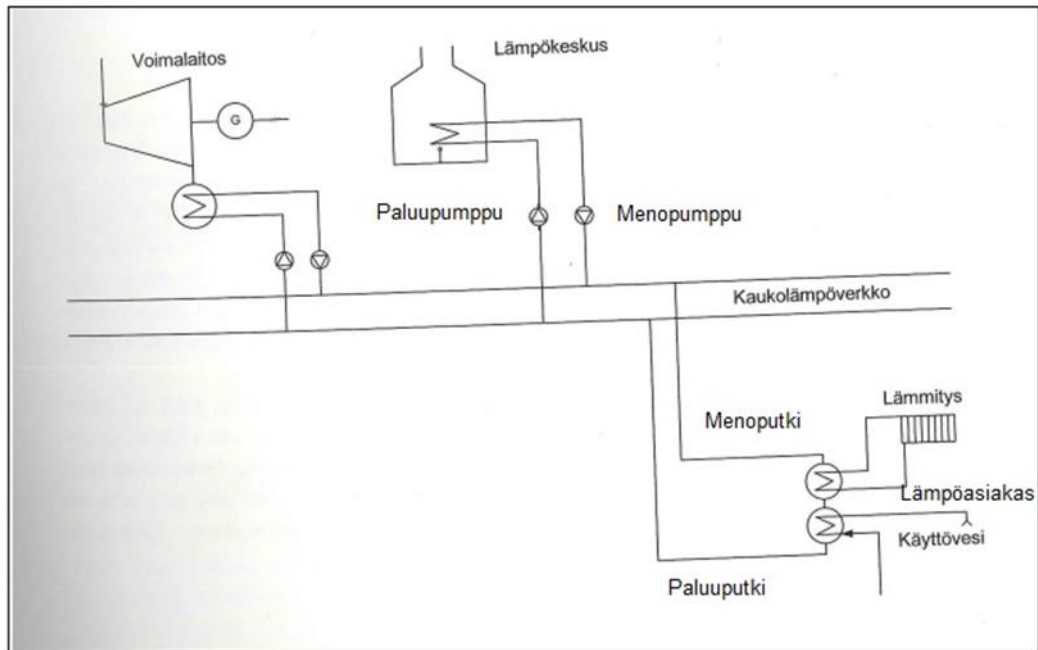


Kuva 2. Kaukolämmityksen markkinaosuudet (Energiavuosi 2015 – kaukolämpö).

### 2.2 Kaukolämpöjärjestelmän toimintaperiaate

Kaukolämpöä tuotetaan lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitoksissa tai lämpökeskuksissa. Asiakkaille lämpö toimitetaan kaukolämpöverkossa kulkevassa lämpimässä vedessä. Asiakkaat saavat lämmön kaukolämpöverkossa kiertävästä kuumasta (menolämpötila vaihtelee kesän 65 asteesta talven 120 asteeseen) vedestä. Vesi kuljetetaan suljetuissa maanalaisissa putkissa lämmitettävän rakennuksen kaukolämpökeskukseen. Lämmönsiirrin kuljettaa lämmön (mutta ei kaukolämpövedettä) kiinteistön omaan lämmitysjärjestelmään, toisin sanoen lämpöpattereihin ja lämminvesihanoihin. Jäähdytynyt kaukolämpövesi palautuu kaukolämmön tuotantolaitokseen uudelleen lämmitettäväksi, minkä jälkeen se pumpataan takaisin kaukolämpöjärjestelmän käyttöön. (Kaukolämpö – toimintaperiaate 2016)

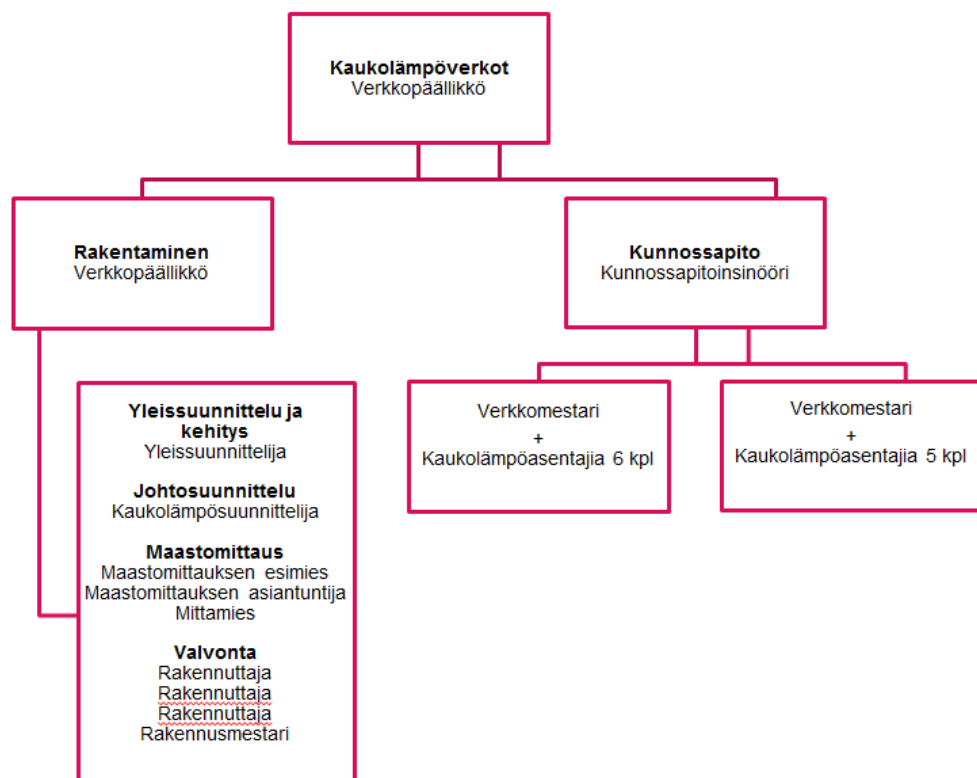
Kaukolämpövesi kiertää kaukolämpöverkossa pumppujen tuottaman paine-eron avulla. Paine-ero pidetään putkiston menopuolella aina korkeampana kuin paluupuolella, joka siis mahdollistaa veden kiertämisen verkostossa, ja vedessä olevan lämpöenergian luovuttamisen asiakkaan lämmityslaitteistoihin. (Kaukolämmön käsikirja. 2006:19) Kuvas-  
sassa 3 on esitetty kaksiputkijärjestelmän periaatekuva.



Kuva 3. Kaksiputkijärjestelmän periaatekuva (Kaukolämmön käsikirja 2006: 21)

### 3 Vantaan Energian kaukolämpöverkot -yksikkö

Vantaan Energian kaukolämpöverkot yksikkö (kuva 4) kuuluu tuotannon ja lämmönjakelun toimintoon, ja sen päätehtävänä on kaukolämpöverkon rakentaminen ja kunnossapito. Yksikkö jakautuu kahteen osastoon, jotka ovat rakentamisen - ja kunnossapidon osastot. Rakentamisen osastolla työskentelee 10 henkilöä ja kunnossapidon osastolla 14 henkilöä. Rakentamisen osaston päävastuualue on kaukolämpöverkon suunnittelu, rakennustyöt ja verkon dokumentointi, kun taas kunnossapidon osasto vastaa kaukolämpöverkon kunnossapidosta ja käytöstä.



Kuva 4. Kaukolämpöverkot yksikön organisaatiokaavio

Kaukolämpöverkot yksikön käytössä olevat suunnittelu- ja kunnossapitotöihin käytettävät atk-ohjelmat ovat verkkotietojärjestelmä Trimble NIS sekä Bentley Map PowerView.

Ohjelmistojen käyttö työtehtävien suorittamiseksi jakautuu tällä hetkellä seuraavasti:

- Kaukolämpöverkon rakennuttajat käyttävät kaukolämpöverkon suunnitteluun pääasiassa Bentley Map PowerView -ohjelmaa. Trimble NIS:n käyttö on vähäistä ja rajoittuu lähinnä satunnaiseen verkon asiakastietojen tarkasteluun. Trimble NIS:n tärkein tehtävä on kirjoittaa dgn-muotoinen kaukolämpöverkko rakennuttajille suunnittelun tausta-aineistoksi.
- Kaukolämpöverkon yleissuunnittelijan tärkein työtehtävä on kaukolämpöverkon laskenta ja analysointi. Näitä työtehtäviä varten yleissuunnittelija käyttää Trimble NIS:ä ja sen kaukolämpölaskentasovellusta. Yleissuunnittelija myös ylläpitää omaa verkkomallia laskentaa varten.
- Kaukolämpöverkon kaukolämpösuunnittelija ylläpitää Vantaan kaukolämpöverkon masterverkkomallia Trimble NIS:ssä.
- Kaukolämpöverkkojen kunnossapito hyödyntää Trimble NIS:ä jokapäiväisissä työtehtävissään. Tärkeimpinä ominaisuuksina järjestelmässä ovat kaukolämpöverkon ominais- ja sijaintietiedot. Tämän lisäksi kunnossapidolla on käytössä MMS-kunnossapitosovellus, jolla kerätään verkon kohteille kunnossapitotietoja.
- Maastomittauksen työtehtäviin kuuluu kaukolämpöverkon tarkemittaukset. Maastomittauksen työkaluna toimii Bentley Map PowerView -ohjelma sekä sen päällä toimivat Terra-sovellukset.

## 4 Kaukolämpöverkoilla käytössä olevien järjestelmien kuvaukset

### 4.1 Trimble NIS -verkkotietojärjestelmä ja sen ominaisuudet

Trimble NIS on Tekla Oy:n kehittämä verkkotietojärjestelmä energia- ja vesihuoltoyritysten liiketoimintaan, ja sen päätarkoituksena on verkko-omaisuuden dokumentointi ja hallinta. Järjestelmä käyttö perustuu tietokantaan tallennettujen viiva- ja pistemäisten kohteiden pohjalta luodun mallin käyttämiseen. Kaukolämpöverkon hallintaa Trimble NIS pitää sisällään seuraavanlaiset modulaariset toimialasovellukset:

- Kunnossapito
- Omaisuuksienhallinta
- Kaukolämpölaskenta
- Verkkoinvestointien hallinta

(Ohjelmistotuotteet 2016)

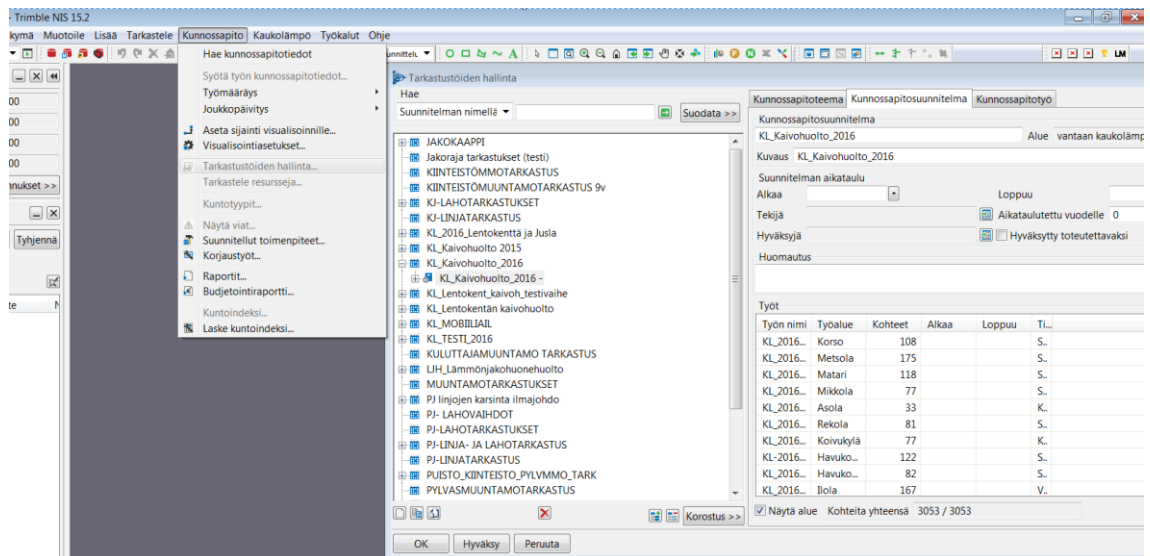
#### 4.1.1 Trimbe NIS -verkkomalli

Verkkomalli koostuu tietokantaan tallennetuista kohteista. Verkkomallin kohteita voi luoda tietokantaan joko pistemäisinä tai viivamaisina lajeina. Verkko mallinnetaan tietokantaan sellaisena, kuin ne ovat maastossa. Koko ohjelma perustuu tietokannassa olevien tallennettujen kohteiden pohjalta luotuun malliin ja sen käyttämiseen. Trimble NIS:in käyttöliittymä pitää sisällä monipuoliset työkalut verkkomallin muokkaamiseen, analysointiin sekä dokumentointiin. (Trimbe NIS -käyttäjän käsikirja: 3)

#### 4.1.2 MMS-kunnossapitosovellus

MMS -kunnossapitosovellus on lisäosa Trimble NIS -verkkotietojärjestelmään. Kunnossapitosovelluksen avulla voidaan luoda erilaisia tarkastustöitä verkkomallista löytyville lajeille. Tarkastustyöt luodaan Trimble NIS:n käyttöliittymässä (kuva 5), minkä jälkeen ne ajetaan maastotietokoneille kunnossapitotarkastuksia varten. Tarkastustöiden valmistumisen jälkeen kerätyt kunnossapitohavainnot synkronoidaan maastotietokoneilta

masterverkkomallin kohteille. Tämän jälkeen viallisille kohteille voidaan luoda MMS-kunnossapitosovelluksen korjaustoiminnallisuutta käyttäen uudet korjaustyöt tarpeiden mukaan.

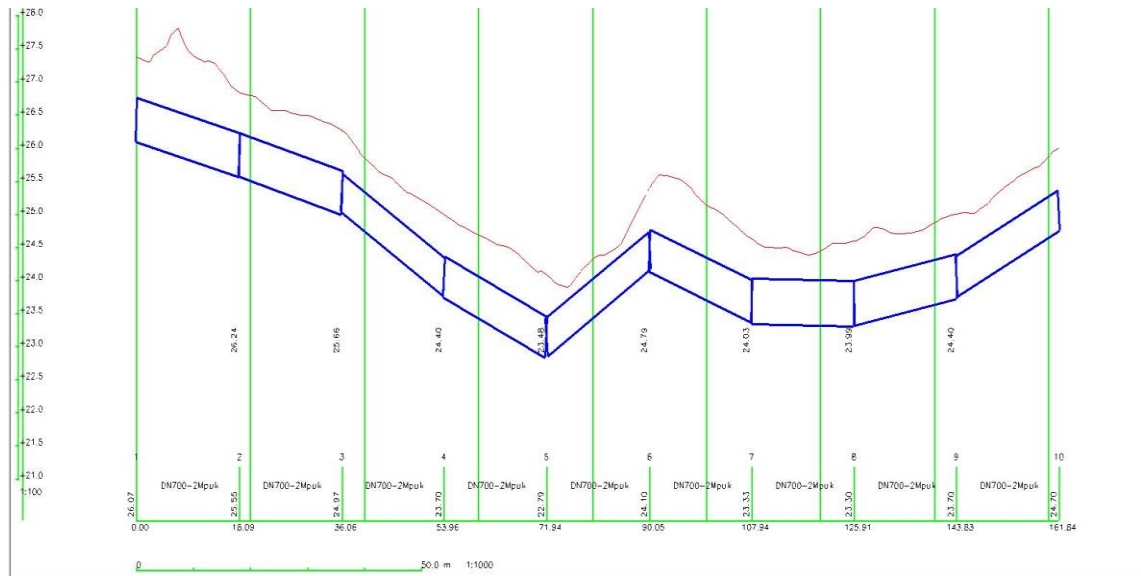


Kuva 5. Trimble NIS:n käyttöliittymässä luotu tarkastustyö kaukolämpökaivolle

#### 4.1.3 Pituusleikkaustoiminnallisuus

Pituusleikkaustoiminnallisuus on lisäosa Trimble NIS -verkkotietojärjestelmään, ja sen avulla kaukolämpöjohdoista voidaan luoda halutulta pisteväliltä pituusleikkauskuva (kuva 6) tarkastelua varten. Pituusleikkaustoiminnallisuus hyödyntää verkkomallissa olevaa kaukolämpöjohdon korkeusasemaa sekä Trimble NIS:iin vietyä maastomallia pituusleikkauskuvan muodostamisessa.





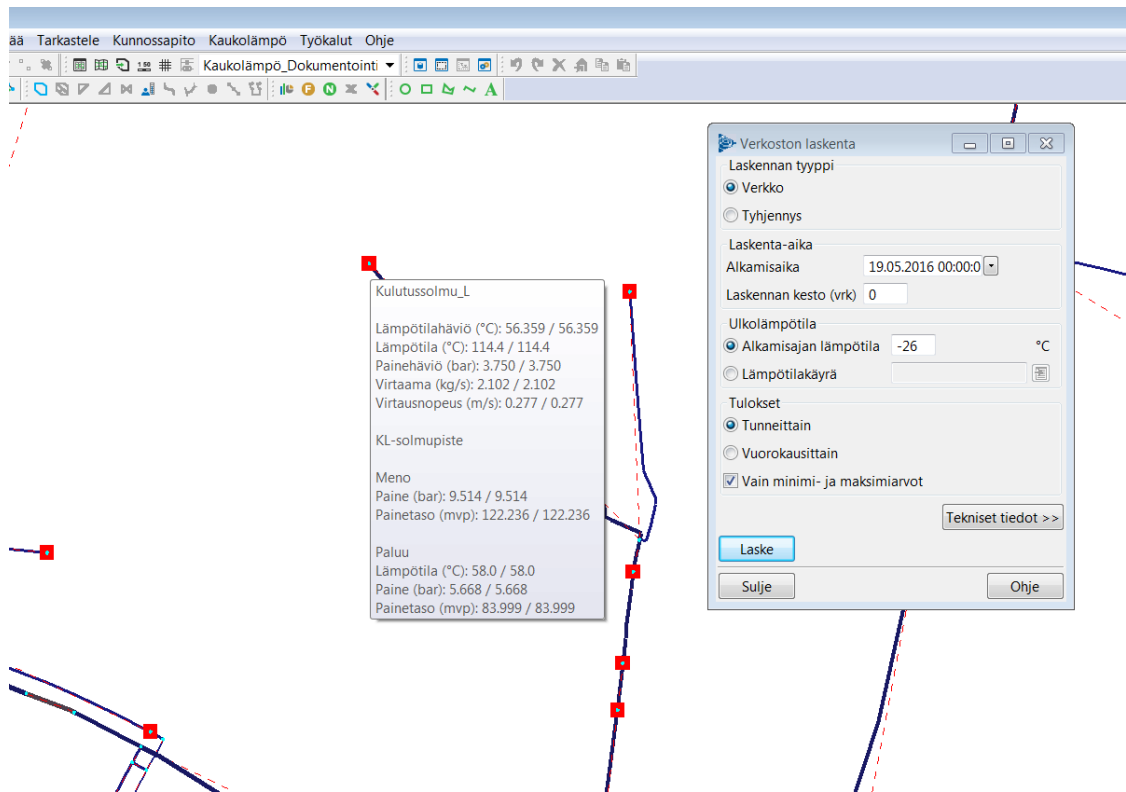
Kuva 6. Pituusleikkauskuva kaukolämpöjohdosta

#### 4.1.4 Kaukolämpölaskenta

Kaukolämpölaskenta -sovellus on lisäosa Trimble NIS -verkkotietojärjestelmään, ja sen avulla voidaan mallintaa ja laskea kaukolämpöverkon tila halutussa ajotilanteessa ja ulkolämpötilassa. Kaukolämpölaskenta mahdollistaa kaukolämpöverkon meno- ja paluulämpötilojen, lämpötilahäviöiden, paineiden, painehäviöiden, virtaamien ja virtaus-suuntien tarkastelun. Näitä ominaisuuksia tarvitaan muun muassa

- uuden verkoston suunnitteluun
- verkoston kapasiteetin arvioimiseen
- sen selvittämiseen, miten verkostossa tehtävät toimenpiteet vaikuttavat käyttöpaikkoihin
- erilaisten skenaarioiden simuloimiseen vuoden aikana
- verkoston yli- ja alipaineen sekä lämpötilojen ohjaamiseen
- virtauksen, paineen, lämpötilan ja lämmitystehoarvojen selvittämiseen tietyssä sijainnissa
- putkien tyhjennysaikojen arvioimiseen

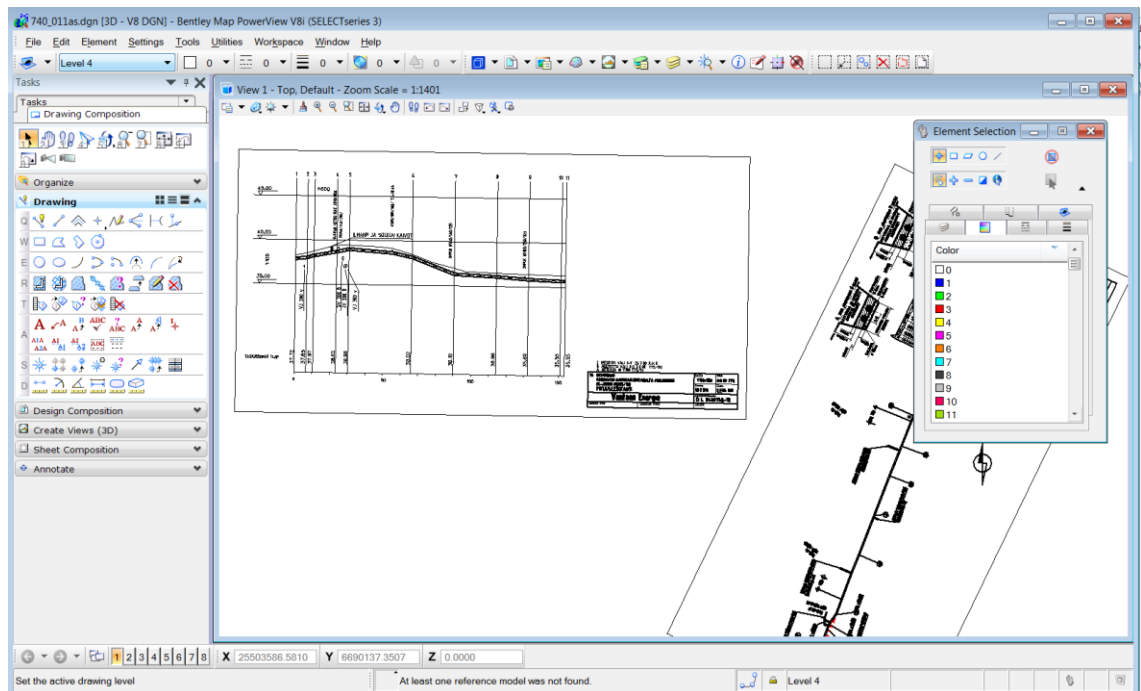
Kuvassa 7 on esitetty laskentatilanne kaukolämpöverkon huipputilanteessa, jossa kaukolämmön kulutus on suurimmillaan.



Kuva 7. Laskennan antamia tuloksia Trimble NIS:n käyttöliittymässä

## 4.2 Bentley Map PowerView

Bentley Map PowerView on Bentley Systemsin kehittämä CAD-suunnitteluohjelma, jolla voi piirtää ja muokata vektorimuotoista grafiikkaa kaksi- ja kolmiulotteisesti. Ohjelma on hieman kevyempi versio Bentley Systemsin Microstation CAD -ohjelmasta, joka oli aikaisemmin kaukolämpöverkkojen käytössä johtosuunnitelmien tekoon. Ohjelman tallennusmuoto on DGN. Kuvassa 8 on esitettyä Bentley Map PowerView'n käyttöliittymä. (GIS Software for Viewing and Light Edits 2016)



Kuva 8. Bentley Map PowerView:n käyttöliittymä

#### 4.2.1 TerraHeat

TerraHeat on Terrasolid Oy:n kehittämä sovellus Bentley tuotteiden ympäristöön. TerraHeat-sovellusta käytetään yhdessä Bentley Map PowerView'n kanssa kaukolämpöjohtosuunnitelmien piirtämiseen. (TerraHeat-käyttöopas 2003: 9)

#### 4.2.2 TerraModeler

TerraModeler on Terrasolid Oy:n kehittämä sovellus Bentley-tuotteiden ympäristöön. TerraModelerilla voidaan luoda pintamalleja esimerkiksi pistepilviaineistoista tai suunnitelmapinnoista. TerraModeleria käytetään apuna pintamallien luomisessa kaukolämpöjohtosuunnitelmien piirtämisen avuksi. (TerraHeat- käyttöopas. 2003: 9)



Master verkkomallin lajilista				
Lajinnumero:	Lajin nimi:	Elementti:	Taulu:	Kerätäänkö kunnossapitotietoja
<b>Kaivot</b>				
14000	Sisäänmentävä kaivo	Kaivo	175 Kaivo	Kyllä
14001	Päältäkäytettävä kaivo	Kaivo	175 Kaivo	Kyllä
14036	Rakennemuutoskaivo	Kaivo	175 Kaivo	Ei
14017	Apukaivo	Kaivo	175 Kaivo	Ei
<b>Kasenttiventtiilit</b>				
14002	Sulkuventtiili	Kasettiventtiili	179 Kasettiventtiili	Kyllä
14026	Korttelisulku	Kasettiventtiili	179 Kasettiventtiili	Kyllä
14028	Kertakäyttöventtiili	Kasettiventtiili	179 Kasettiventtiili	Ei
<b>Verkostopiste</b>				
14003	Ilmanpoistiventtiili	Verkostopiste	174 Verkostopiste	Kyllä
14004	Tyhjennysventtiili	Verkostopiste	174 Verkostopiste	Kyllä
14018	Palkeet	Verkostopiste	174 Verkostopiste	Ei
14030	Kiintopiste	Verkostopiste	174 Verkostopiste	Ei
14038	Kierto	Verkostopiste	174 Verkostopiste	Ei
14040	Kortteliventtiili	Verkostopiste	174 Verkostopiste	Kyllä
<b>Syöttöpiste</b>				
14008	Lämpökeskus	Syöttöpiste	172 Syöttöpiste	Ei
14025	Lämmönsiirrinasema	Syöttöpiste	172 Syöttöpiste	Ei
14037	Voimalaitos	Syöttöpiste	172 Syöttöpiste	Ei
<b>Pumppaamo</b>				
14010	Pumppaamo	Pumppaamo	170 Pumppaamo	Ei
<b>Tekstipiste</b>				
14015	KL-tekstipiste	Tekstipiste	191 Tekstipiste	Ei
<b>Putket</b>				
14100<=>14175	Putkityypit	Putki	251 Putki	Kyllä
<b>Liittymä</b>				
14005	Lämmönjakohuone	Liittymä	188 Liittymä	Kyllä
14034	Tulossa olevat liittymät	Liittymä	189 Liittymä	Ei
<b>Kulutus piste</b>				
14007	Kulutus piste	Käyttöpaikka	190 Käyttöpaikka	Ei

Taulukko 1. Masterverkkomallin sisältämät lajit

## 5.2 Kaukolämpöverkon johtosuunnittelu

Kaukolämpöverkon johtosuunnitelmien teosta vastaavat kaukolämpöverkon rakennuttajat. Kaukolämpöverkon johtosuunnitelmien tarkoituksena on

- tarvittavan sijoitusluvan saaminen
- tulevan verkon suunnittelu mahdollisimman taloudellisesti
- ohjeistaa verkon rakentajia tulevan johdon rakentamisessa
- tuoda ilmi työmaalle tarvittavat kaukolämpöelementit johto-osuuden rakentamiseen
- toimia sijaintitarkkana tietona rakennetusta johto-osuudesta myös rakentamisen jälkeen

Kaukolämpöverkon johtosuunnittelu voidaan jakaa karkeasti runkojohtojen ja liittymisjohtojen suunnitteluun. Nämä suunnitelmatyypit eroavat vaatimustasoiltaan hieman toisistaan ulkopuolisista vaatimuksista johtuen.

#### Kaukolämpöverkon runkojohtosuunnitelmien vaatimukset

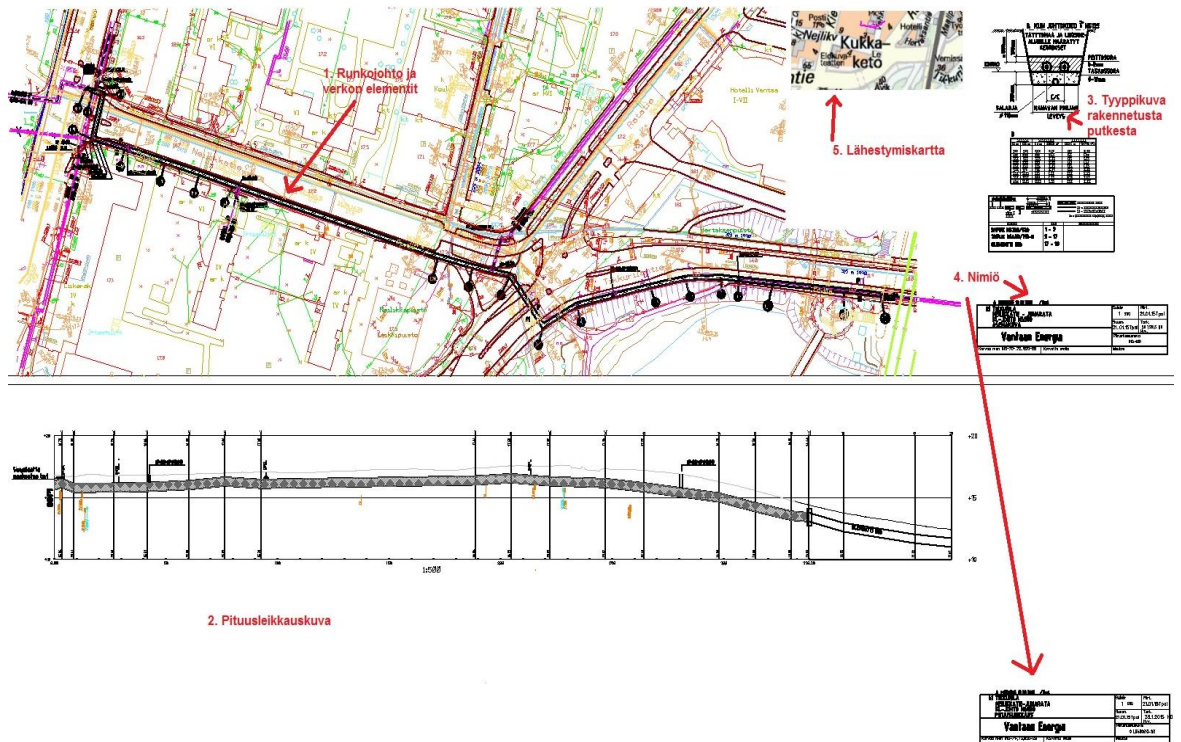
Vantaan kaupunki vaatii (liite 1) kaukolämpöjohdoille sijoituslupaa haettaessa kaukolämpöjohdon sijainnin merkittynä asemakuvaan. Asemakuvaan tulee liittää myös pituusleikkauskuva, jossa näkyvät oikeassa korkeusasemassa myös vesihuolto- ja viemärijohdot.

#### Kaukolämpöverkon liittymisjohtosuunnitelmien vaatimukset

Liittymisjohtoihin ei kohdistu ulkopuolisia vaatimuksia, koska ne sijaitsevat suurimmalta osin asiakkaiden omilla tonteilla. Liittymisjohdoista ei tämän vuoksi tehdä lainkaan pituusleikkauskuvaa. Asemakuvat toteutetaan samalla tavalla kuin runkojohdoissakin.

Nykyisen toimintamallin mukaan kaukolämpöverkon johtosuunnitelmat tehdään aina Bentley Map PowerView -suunnitteluohjelmalla ja sen päällä toimivilla Terra sovelluksilla. Suunnitelmien lähtöaineistona toimii jo olemassa olevan kaukolämpöverkon ja kaukolämpösuunnitelmien lisäksi Vantaan kaupungilta saatava paikkatietoaineisto (liite 2) sekä suunnittelutoimistoilta saatava aineisto. Kuvassa 10 on esitettyinä valmis runkojohtosuunnitelma sekä pituusleikkauskuva Bentley Map PowerView'llä sekä Terra-sovelluksilla tehtynä. Runkojohtosuunnitelma ja pituusleikkaus sisältävät aina seuraavat tiedot:

1. Kaukolämpöputket ja siihen liittyvät elementit
2. Pituusleikkauskuva
3. Tyyppipoikkileikkauskuva suunnitellusta johdosta
4. Nimiö



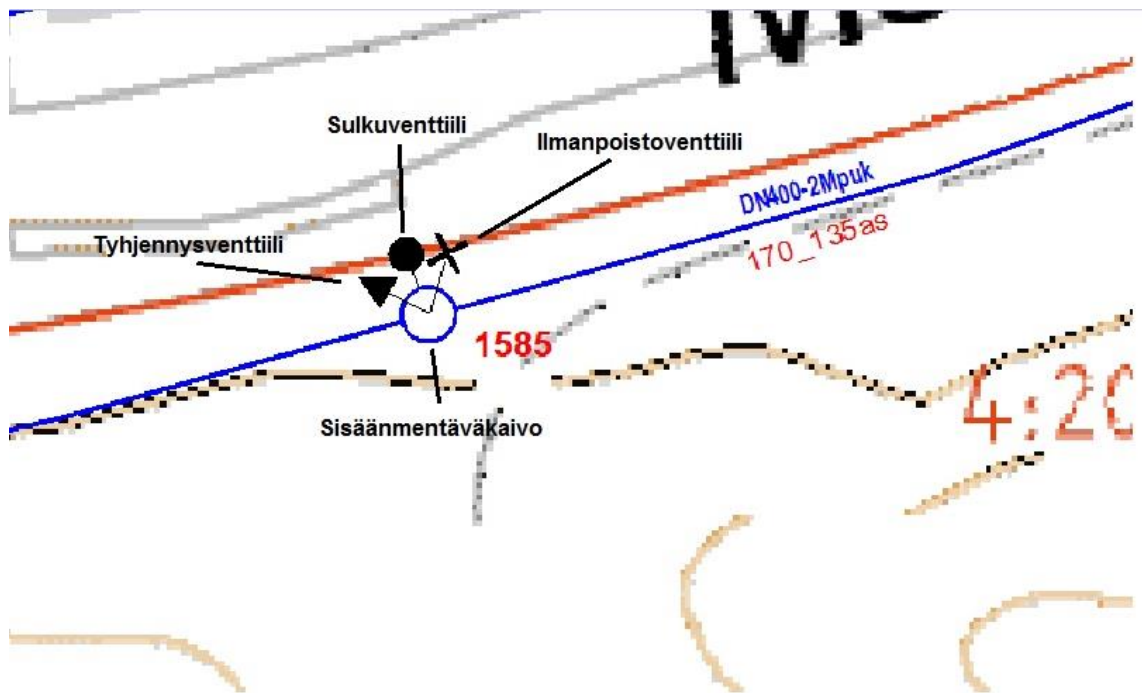
Kuva 10. Johtosuunnitelmaan tulevat tiedot

### 5.3 Kaukolämpöverkon kunnossapito

MMS-kunnossapitosovelluksella tehtävät kaukolämpöverkon ennakkuhuoltotoimintaan liittyvät tarkastustyöt kohdistuvat pääasiassa kaukolämpökaivoihin ja asiakkaiden lämmönjakohuoneisiin. Kaukolämpöjohdoille kunnonvalvontaa on tarkastuskäynnein vaikeampi suorittaa johtojen maanalaisen sijainnin vuoksi. Kaukolämpöverkosta löytyvät vuotokohdat merkitään kuitenkin johtoalkion kunnossapitotietoihin aina vuodon havaitsemisen jälkeen. Havaituista kaukolämpövuodoista raportoidaan vuositasona Energia-teollisuus ry:lle, joka ylläpitää keskiarvotilastoja Suomessa toimivien kaukolämpöyhtiöiden kaukolämpövuodoista.

Tärkeimmät tarkastustyöt kohdistuvat kaukolämpökaivojen rakenteisiin ja sen sisällä olevien venttiileitten tarkastuksiin. Tarkastuskäyntien kohteina olevia kaivotyyppejä ovat sisäänmentävä ja päältäkäytettävä. Molemmat kaivotyypit on dokumentoitu Trimblen NIS:n masterverkkomalliin omina lajeinaan. Molemmille kaivotyypeille on luotu

myös omat kunnossapidon tarkastuskäynnit, koska kaivojen rakenteet eroavat toisistaan huomattavasti. Kuvassa 11 on esitetty sisäänmentävä kaivo, jonka tarkastettavia kohteita ovat kaivon rakenteiden lisäksi kaivon sisällä sijaitsevat ilmanpoistoverttiili, sulkuventtiili sekä tyhjennysventtiili. Jotta venttiilit voidaan helposti yhdistä oikeaan kaivoon, on venttiilit ja kaivo numeroitu aina samalla tunnuksella.



Kuva 11. Martinkyläntiellä sijaitseva sisäänmentävä kaivo sekä kaivon sisältämät venttiilit Trimble NIS:n käyttöliittymässä

Liitteissä 3 on esitetty kaikki MMS-kunnossapitosovelluksella tehtävät vuosittaiset kunnossapitotarkastukset kaukolämpökaivoille ja lämmönjakohuoneille sekä tarkastukseen kuuluville lajeille tehtävät kunnossapitohavainnot.



#### 5.4 Kaukolämpöverkon laskenta

Kaukolämpölaskenta on oma lisäosansa Trimble NIS -verkkotietojärjestelmään, joka on tullut tuotantokäyttöön vuoden 2016 aikana. Vantaan Energia osallistui kaukolämpölaskenta-sovelluksen hyväksymistestaukseen vuoden 2015 aikana, ja hyväksyi omalta osaltaan laskentatoiminnallisuuden vuoden 2015 lopulla. Vantaan Energialla verkoston laskentaa varten on luotu jo hyväksymistestausvaiheessa niin sanottu rautalankaverkkomalli olemassa olevasta kaukolämpöverkosta. Oman laskentaverkkomallin luontiin päädyttiin siitä syystä, että varsinaista masterverkkomallia ei saatu kaukolämpölaskenta-sovelluksella hyväksymistestausvaiheessa toimimaan lukuisista yrityksistä huolimatta.

Laskentaan käytettävässä verkkomallissa tärkeimmät johto-osuudet, sekä osa kuluttajista on koottu yhdeksi kulutuspisteeksi laskentaa varten. Jokainen laskennassa käytetty laji on myös omana lajinaan verkkomallissa ja erottuu täten masterverkkomallin kohteista. Laskentamalli on kooltaan huomattavasti pienempi kuin varsinainen masterverkkomalli, sillä se sisältää johtoja vain hieman yli 300 kilometriä sekä laskennan kannalta vain välttämättömät lajit. Taulukossa on esitetty verkostolaskennassa käytetyn verkkomallin lajilista.

Verkostolaskennan lajilista			
Lajinnumero:	Lajin nimi:	Elementti:	Taulu:
<b>Kaivot</b>			
14238	Paine-eromittaus_L	Kaivo	175 Kaivo
<b>Kasenttiventtiilit</b>			
14234	Sulkuventtiili_L	Kasettiventtiili	179 Kasettiventtiili
<b>Paisuntasäiliö</b>			
<b>14080</b>	Paisuntasäiliö	Paisuntasäiliö	71 Paisuntasäiliö
<b>Syöttöpiste</b>			
14235	Voimalaitos_L	Syöttöpiste	172 Syöttöpiste
14236	Lämpökeskus_L	Syöttöpiste	172 Syöttöpiste
14237	Lämmönsiirrinasema_L	Syöttöpiste	172 Syöttöpiste
<b>Pumppaamo</b>			
14081	Pumppu	Pumppu	171 Pumppu
<b>Tekstipiste</b>			
14015	KL-tekstipiste	Tekstipiste	191 Tekstipiste
<b>Putket</b>			
14174<>14231	Putkityypit	Putki	251 Putki
<b>Liittymä</b>			
14232	Kulutussolmu_L	Liittymä	188 Liittymä
<b>Kulutuspiste</b>			
14233	Kulutuspiste_L	Käyttöpaikka	190 Käyttöpaikka
<b>Solmupiste</b>			
14083	KL-solmupiste	Solmupiste	178 Solmupiste
<b>Kaukolämpöventtiili</b>			
14082	Säätöventtiili_P	Kaukolämpöventtiili	173 Kaukolämpöventtiili
14084	Säätöventtiili_M	Kaukolämpöventtiili	174 Kaukolämpöventtiili

Taulukko 2. Verkostolaskennassa käytettävän verkkomallin lajilista

## 6 Tutkimuksen taustaa ja tutkimusongelmat

Tutkimustyön tarkoituksena oli tutkia ja selvittää Trimble NIS -verkkotietojärjestelmän nykytilaa kaukolämpöverkon dokumentoinnissa, kunnossapidossa ja suunnittelussa sekä tutkia voitaisiinko järjestelmän käyttöä tehostaa itse järjestelmää ja kaukolämpöverkoilla käytössä olevia toimintatapoja kehittämällä. Työn aiheeseen päädyttiin yhdessä tutkimuksen tekijän esimiehen kanssa, joka toimii kaukolämpöverkot yksikön esimiehenä.

Tutkimuksen tekijä toimii tällä hetkellä itse Trimble NIS -verkkotietojärjestelmän, sekä sen toimialakohtaisten sovellusten pääkäyttäjänä Vantaan Energialla. Tutkimuksen tekijän vastuulla on kaikki Trimble NIS -verkkotietojärjestelmään ja sen sovelluksiin liittyvät järjestelmän ylläpitotyöt. Tämän lisäksi tutkimuksen tekijän vastuualueelle kuuluu Trimble NIS:n kaukolämpölaskentasovelluksella suoritettavat kaukolämpöverkoston virtaustekniset laskelmat, sekä laskentaan tarvittavan verkkomallin ylläpito.

Tutkimuksen pääpaino kohdistui kolmeen tutkimusongelmaan, joita lähdettiin tarkemmin tukimaan. Tutkimuksessa tutkittavat aiheet kohdistuivat kaukolämpöverkoilla jo pitkään esillä olleiden kehitystarpeiden tutkimiseen. Ongelmat olivat eri osa-alueilla seuraavanlaiset:

### Kaukolämpöverkon suunnittelu

Kaukolämpöjohtojen suunnitteluun käytössä on tällä hetkellä CAD pohjainen Bentley Map PowerView -ohjelma, sekä sen päällä toimivat kaukolämpöverkon suunnitteluun tarkoitetut Terra Solidin sovellukset. Tutkimus suoritettiin selvittämällä ensin kaukolämpösuunnitelmiin kohdistuvat vaatimukset. Tämän jälkeen tehtiin samasta rakennuskohdesta kaukolämpöjohtosuunnitelma Trimble NIS:llä sekä Bentley Map PowerView ohjelmalla. Tutkimuksessa arvioitiin, voidaanko Trimble NIS:ä jatkossa käyttää myös suunnitelmien tekoon ja Bentley'n Map PowerView'n käytöstä luopua kokonaan.

### Kunnossapitotietojen raportointi

Kunnossapidolla käytössä oleva MMS-kunnossapitosovellus toimii kunnossapitotietojen keräämiseen ja ylläpitoon tällä hetkellä hyvin. Erilaisten raporttien tekeminen kunnossapitotöistä, sekä lajien kunnossapitotiedoista todettiin kuitenkin Trimble NIS:llä erittäin puutteelliseksi. Valmiita raporttipohjia on saatavilla muutamia, mutta ne eivät täytä tällä hetkellä kunnossapidon tarpeita. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittämään, minkälaista kehitystyötä raporttien tekemiseen jatkoa ajatellen vaaditaan, jotta tarvittavat raportit voidaan jatkossa muodostaa.

### Masterverkkomallin korjaaminen kaukolämpölaskentaan soveltuvaksi

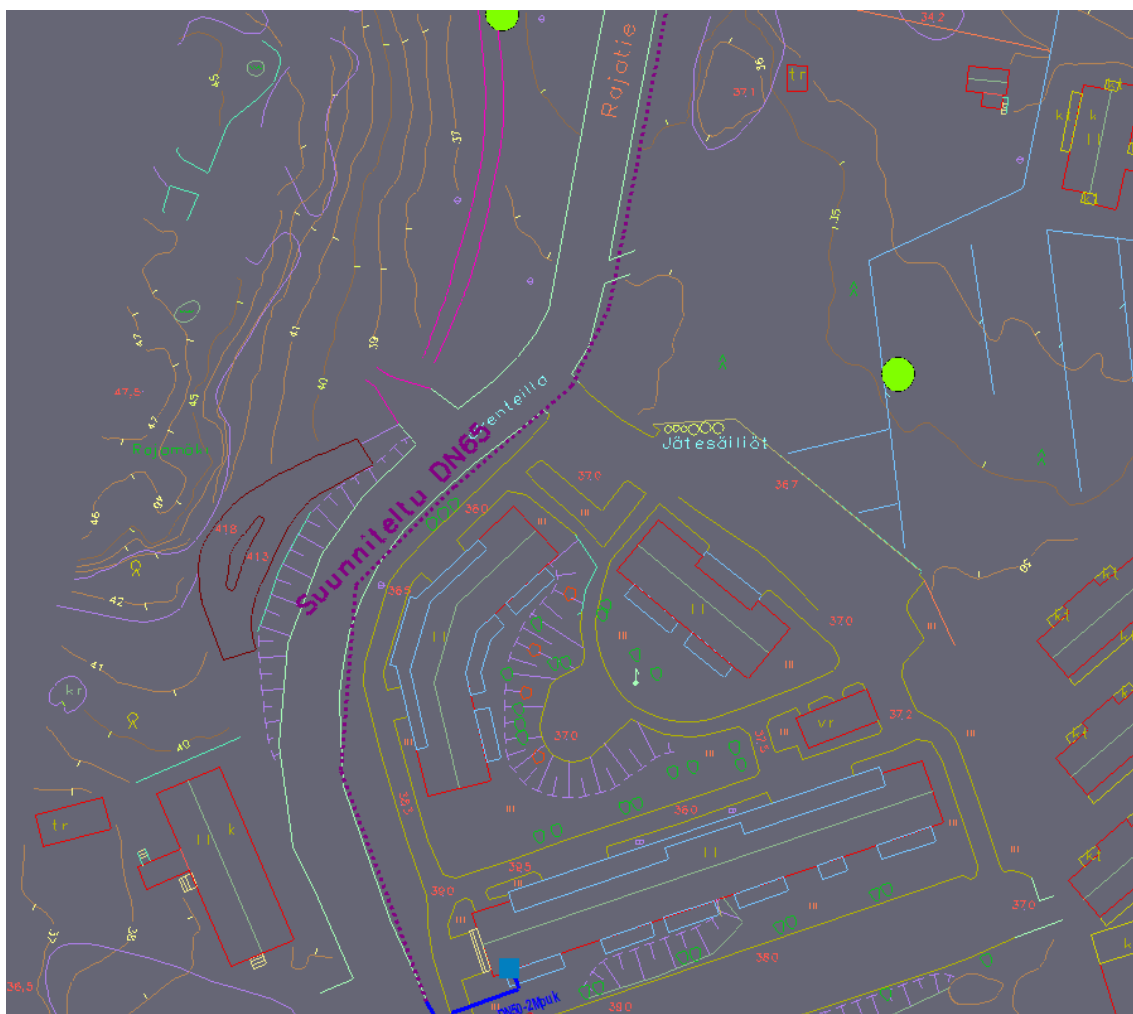
Kaukolämpölaskennan toimivuus Trimble NIS:ssä vaatii ylläpidettävältä verkkomallilta virheettömyyttä jokaisella osa-alueella. Tällä hetkellä laskentaan käytettävää verkkomallia, sekä varsinaista masterverkkomallia ylläpidetään eri henkilöiden toimesta. Laskentaan käytettävää verkkomallia päivitetään aina tarpeen mukaan, mutta verkko ei päivity masterverkkomallin tapaan ajantasaisesti. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, mitä laskentaan soveltuvan verkkomallin ylläpito verkon dokumentoinnilta vaatii ja kuinka suuren työn nykyisen masterverkkomallin korjaus vaatii, jotta se saataisiin laskennan kannalta tarvittavaan kuntoon.

## **7 Tutkimustyön suorittaminen**

### **Kaukolämpöverkon suunnittelu**

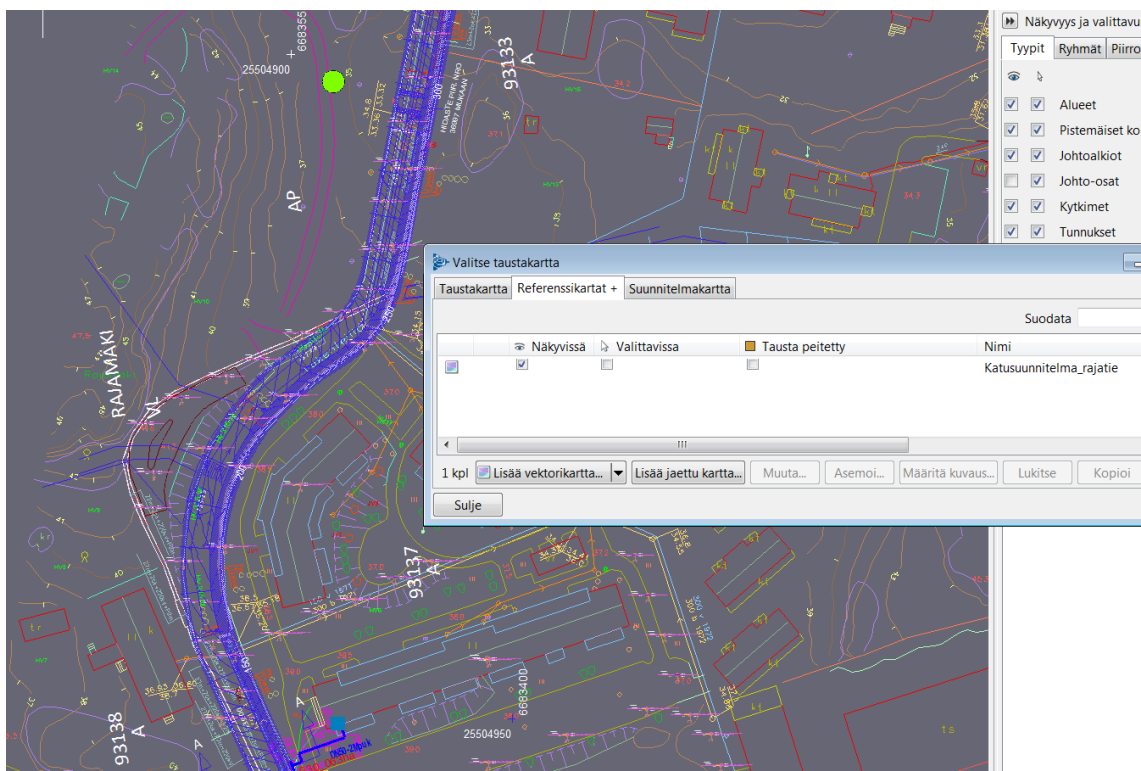
Tutkimustyötä varten valittiin suunnittelukohde josta suunnitelma ja siihen kuuluva pituusleikkaus oli jo tehty Bentley Map PowerView'tä, sekä sen päällä toimivia Terra-sovelluksia käyttäen. Sopivan kohteen valinnassa Trimble NIS:llä tehtäväksi autoivat kaukolämpöverkon rakennuttajat Tomi Palin ja Petri Sivula. Näin saatiin tutkimustyötä varten valittua tarpeeksi vaativa kohde suunniteltavaksi sekä tehtyä tarvittavaa vertailua myös järjestelmien välisistä eroista suunnittelutilanteessa. Tomi Palin ja Petri Sivula osallistuivat myös suunnitelman teon eri vaiheisiin aktiivisesti sekä arvioivat Trimble NIS:n soveltuvuutta suunnittelu-ohjelmistona.

Suunniteltu kohde sijaitsi Vantaan Rajakylässä osoitteessa Rajatie 5 (kuva 12), josta kaukolämmön runkojohtoa oli tarkoitus jatkaa eteenpäin noin 180 metriä uusia liitettäviä asiakkaita varten.



Kuva 12. Lähtötilanne Rajatiellä Trimble NIS:n käyttöliittymässä.

Suunnittelu aloitettiin luomalla Trimble NIS:iin uusi suunnitelmapohja kaukolämpösuunnitelman tekoa varten. Kun suunnitelma oli luotu, aloitettiin tausta-aineiston lataaminen suunnittelun tueksi. Koska Rajatien kaukolämpöjohto sijoitettiin katualueelle uuden kadun rakentamisen yhteydessä, tuli kaukolämpöjohdolle määrittää sijainti ja korkeusasema tulevasta katusuunnitelmasta. Katusuunnitelman lisäksi suunnittelua varten tarvittiin muut alueella kulkevat maanalaiset johdot sekä kantakartta. Kuvassa 13 on tausta-aineisto haettuna suunnittelua varten Trimble NIS:n taustakartta työkalua käytäen.



Kuva 13. Tausta-aineisto suunnittelua varten haettu Trimble NIS:n käyttöliittymään.

Suunnitelman piirtäminen tapahtui Trimble NIS:n johtotyökalua käyttäen. Kaukolämpöjohdot pyritään aina jo suunnittelu vaiheessa sijoittamaan maastoon kokonaisina teh-daselementteinä. Näin vältetään johtoelementin turhilta katkomisilta ja hitsausseamoil-ta. Suunniteltavan johto-osuuden elementtien pituus on 12 metriä, joten tätä pituutta pyrittiin myös tässä suunnitelmassa käyttämään.

Kaukolämpöjohto piirrettiin katusuunnitelmaan käyttäen apuna katusuunnitelmassa näkyviä tulevan kadun korkotasoja. Kaukolämpöjohdon yläpinta asetettiin 0,5 metriä tulevan katutason alapuolelle, jotta peittoa johdolle saadaan suunnitteluohjeiden mu-kaiset 0,5 metriä. Trimble NIS:ssä olevaa maastomallia ei voitu käyttää suunnittelun apuna, koska maastomallin osoittama maanpinnan taso ei kerro tulevaa kadun korko-tasoa.

Kaukolämpöjohdon piirtämisen jälkeen taitepisteet numeroitiin piirustustyökalua käyttäen. Jokaiselle johdon taitepisteelle tarvitaan taitepisteen numero johdon sijainnin maastoon merkitsemistä varten.

Johtosuunnitelmaa varten tarvittava pituusleikkaus luotiin Trimble NIS:n pituusleikkaus toimintoa hyödyntäen. Pituusleikkaus muodostui automaattisesti suunnitellulta johtosuudelta pituusleikkaustoimintoa käyttäen. Ainoastaan pituusleikkauksen mittakaava-kerrointa ja kokokerrointa jouduttiin muokkaamaan, jotta pituusleikkauskuva saatiin aseteltua oikeaan mittakaavaa. Risteävät vesi- ja viemärijohdot piirrettiin käsin pituusleikkauskuvaan piirustustyökalua käyttäen.

Koska Bentley Map PowerView'illä tehtyyn alkuperäiseen johtosuunnitelmaan (kuva 14) oli liitetty myös pituusleikkauskuva samaan tulosteeseen, lisättiin se myös Trimble NIS:llä tehtyyn johtosuunnitelmaan (kuva 15). Johtosuunnitelmaan liitettiin pituusleikkauskuvan lisäksi myös suunnitellun johdon tyyppipoikkileikkaus sekä lähestymiskartta.



Kuva 14. Valmis johtosuunnitelma Rajatien kohteesta Bentley Map PowerView'illä, ja Terra-sovelluksilla tehtynä.



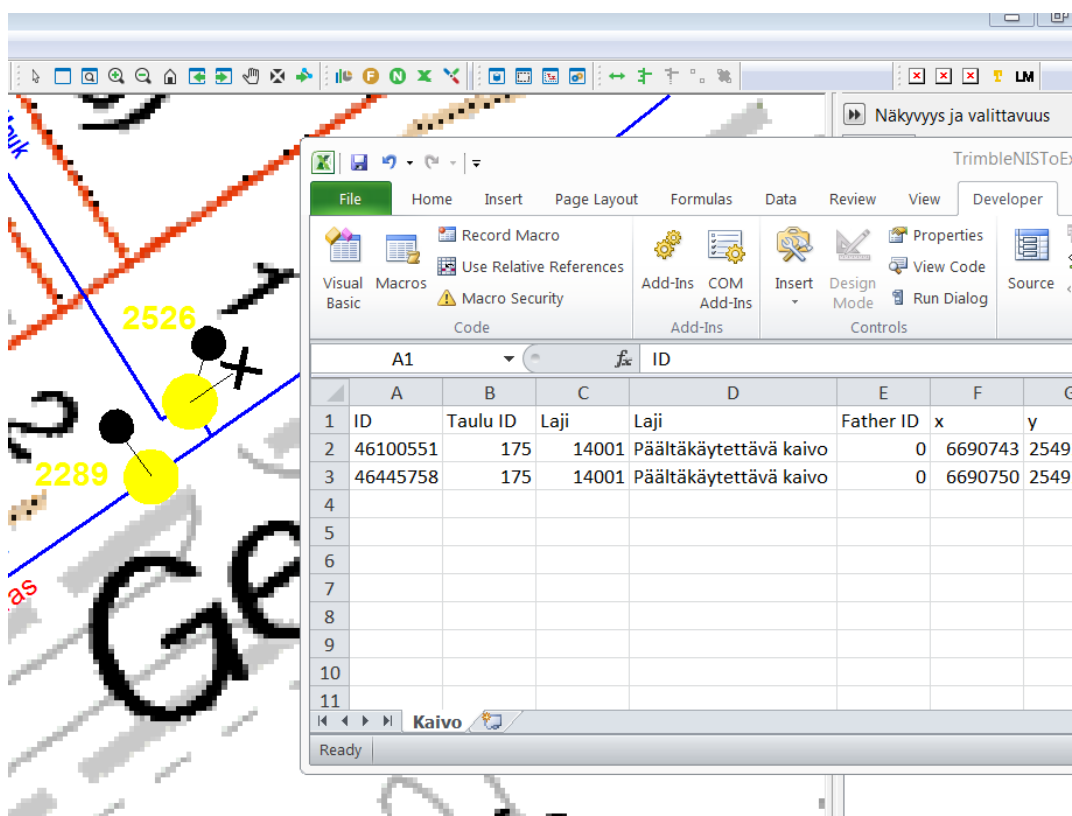


- Taustakarttoina oleviin vektorimuotoisiin aineistoihin ei voi lainkaan tarttua, eikä niitä voi kopioida eikä muokata.
- Pituusleikkauskuva on helppo muodostaa, mutta risteäviä johtoja ei saa automaattisesti pituusleikkauskuvaan mukaan taustakartta-aineistosta.
- Tulostusraameja on riittävästi, ja tulostaminen on helppoa. Tyypikkuvien ja lähestymiskarttojen lisääminen tulostukseen kuitenkin työlästä.

### **Kunnossapitotöiden raportointi**

Tällä hetkellä tarvittavat raportit kunnossapitotöistä, ja kunnossapitotiedoista tehdään käsityönä hakemalla tarvittavat kunnossapitotiedot Trimble NIS:n käyttöliittymästä käsin. Haastattelujen perusteella käyttäjien toiveena oli pystyä luomaan tehdyistä kunnossapitotöistä, ja kunnossapitotiedoista erilaisia raportteja aina tarpeiden mukaan. Käyttäjien toivomuksena myös oli, että raportit saataisiin tehdyksi Trimble NIS:n käyttöliittymästä käsin ilman ulkopuolisten sovellusten käynnistelyä, sekä niiden käytön opettelua.

Trimble NIS:n käyttöliittymästä ei löytynyt raportointityökalua kunnossapitotöille eikä kunnossapitotiedoille. Käyttöliittymässä valitusta kohteista (kuva 16) pystyi luomaan excel listauksen, joka listaa valittuna olevat lajit ja niiden tiedot excel-raporttiin. Raporttiin ei kuitenkaan tulostu lajeille kerättyjä kunnossapitotietoja lainkaan, vain ainoastaan lajien kaikki ominaisuustiedot.



Kuva 16. Keltaisella valitut kaukolämpökaivot ja niistä luotu excel listaus.

Koska Trimble NIS:n käyttöliittymästä käsin haluttujen raporttien luominen ei onnistunut, testattiin Trimblen tekemiä valmiita Microsoft Access-raportteja ja niiden toimivuutta kunnossapitotietojen raportointiin. Nämä raporttipohjat ovat olleet samanlaisia jo useamman vuoden ajan, ja niiden käyttö on ollut erittäin vähäistä. Suoraan sanottuna niitä ei ole käytetty lainkaan. Testauksen ja tutkimisen jälkeen raporttien todettiin olevan samanlaisessa tilassa kuten aikaisemminkin, joten niiden käyttö ei tullut edelleenkään kysymykseen ja niiden tutkimiseen ei täten käytetty enempää aikaa. Näiden valmiiden raporttipohjien ulkoasua eikä sisältöä pystytty itse myöskään muokkaamaan, vaan muutospyynnöt ja tarpeet raporttipohjiin liittyen tulee aina toimittaa järjestelemän toimittajalle toteutettavaksi.

Koska Trimble NIS:n käyttöliittymästä ei valmiita raportointityökaluja löytynyt ja valmiit Access-raportit eivät täyttäneet kunnossapidon tarpeita, käsitellään kunnossapidon raportoinnin kehitys mahdollisuuksia lisää tämän insinööriyön pohdinta osuudessa.

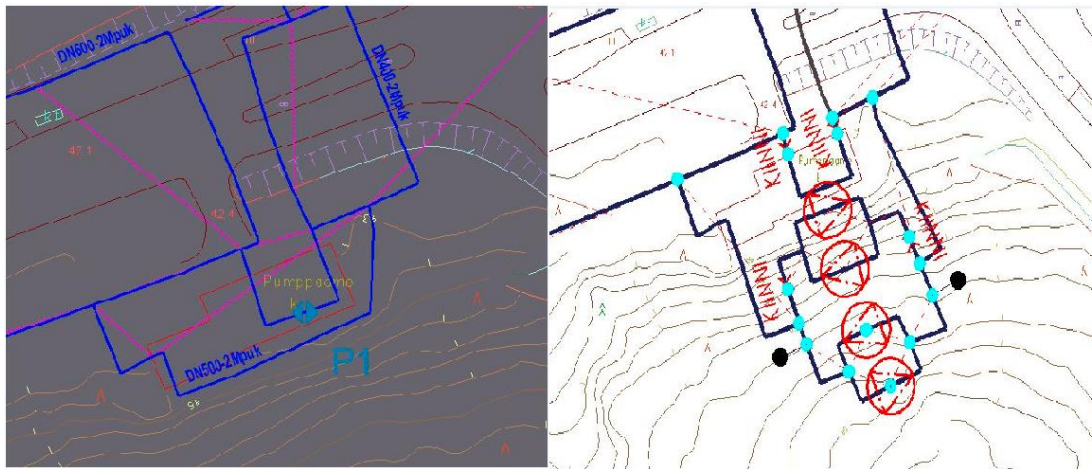
### **Masterverkkomallin korjaaminen kaukolämpölaskentaan soveltuvaksi**

Masterverkkomallin korjaamista kaukolämpölaskentaan soveltuvaksi käytiin yhdessä läpi sen dokumentoinnista vastaavan kaukolämpösuunnittelijan kanssa. Tutkimustyössä pyrittiin selvittämään, kuinka paljon työtä nykyisen masterverkkomallin korjaaminen ja ylläpito laskentakäyttöön vaatii.

Tutkimustyön aluksi selvitettiin nykyisen masterverkkomallin dokumentoijan kaukolämpölaskennan tuntemusta. Selvityksessä kävi ilmi, että kaukolämpöverkon laskenta niin teoria- kuin järjestelmäpuolellakin oli dokumentoijalle entuudestaan täysin vierasta. Dokumentoijalla ei ollut entuudestaan omakohtaista kokemusta yhdestäkään kaukolämpöverkon laskentasovelluksesta, eikä hän ollut nähnyt laskentaa aikaisemmin käytettävän missään sovelluksessa.

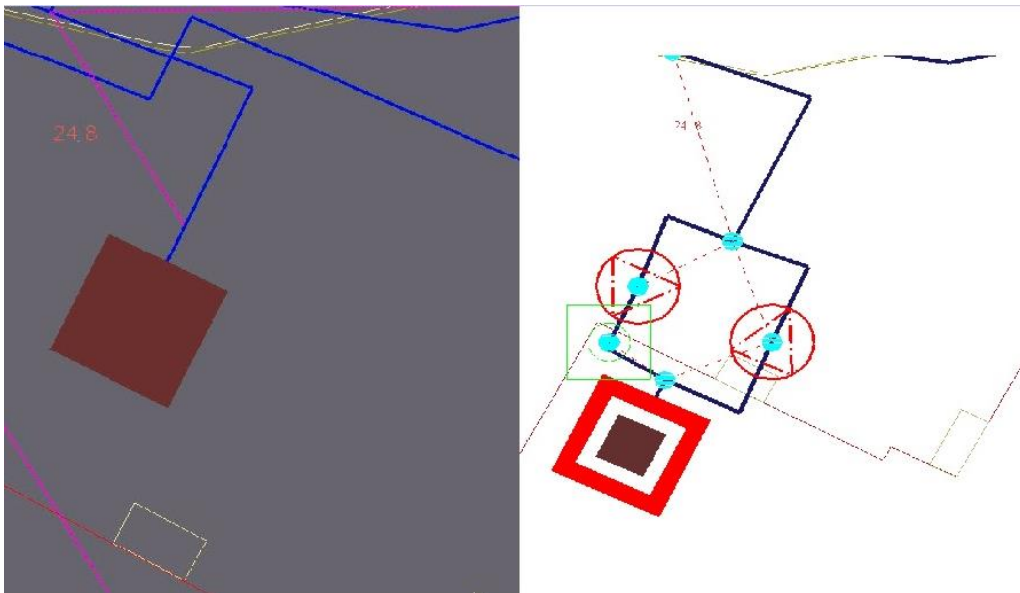
Itse masterverkkomallin soveltuvuutta laskentaan tutkittiin vertaamalla sitä laskennassa käytössä olevaan verkkomalliin. Suurimmat eroavaisuudet verkkomallien välillä löytyivät pumppujen kytkentöjen, syöttöpisteiden kytkentöjen sekä kaukolämpöjohtojen kytkentöjen ja eheyden dokumentoinnista.

Tutkimushetkellä masterverkkomalliin ei oltu dokumentoitu varsinaisia pumppaamokonaisuuteen kuuluvia pumppuja, vaan pumppaamo esitettiin siinä ainoastaan yhtenä pistemäisenä kohteena. Laskennan suorittaminen onnistuneesti kuitenkin vaatii, että jokainen pumppaamossa oleva pumppu tulee olla kytkettynä kaukolämpöverkkoon niin kuin ne todellisessa verkossa ovat kytkettyinä. Kuvassa 17 havainnollistetaan verkkomallien välisiä eroja pumppaamojen osalta.



Kuva 17. Masterverkkomallin ja laskentaverkkomallin pumppaamot samasta kohteesta Trimble NIS:n käyttöliittymässä

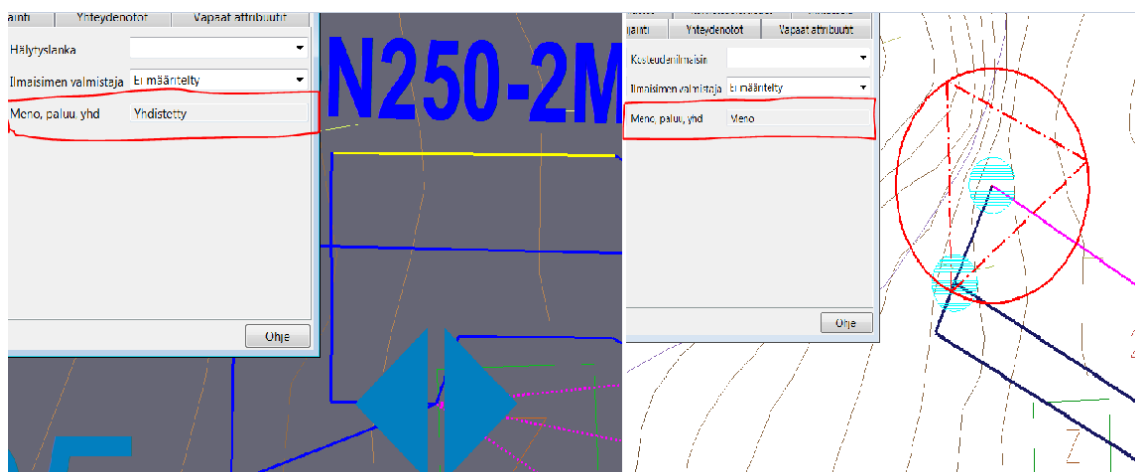
Tutkimushetkellä masterverkkomalliin syöttöpisteet oli dokumentoitu verkkoon oikeina lajeina, mutta syöttöpisteiltä puuttuivat pumput, sekä laskennan suorittamiseen tarvittava paisuntasäiliö. Kuvassa 18 havainnollistetaan verkkomallien välisiä eroja syöttöpisteiden ja paisuntasäiliön osalta.



Kuva 18. Masterverkkomallin ja laskentaverkkomallin syöttöpisteet esitettynä samasta kohteesta Trimble NIS:n käyttöliittymässä

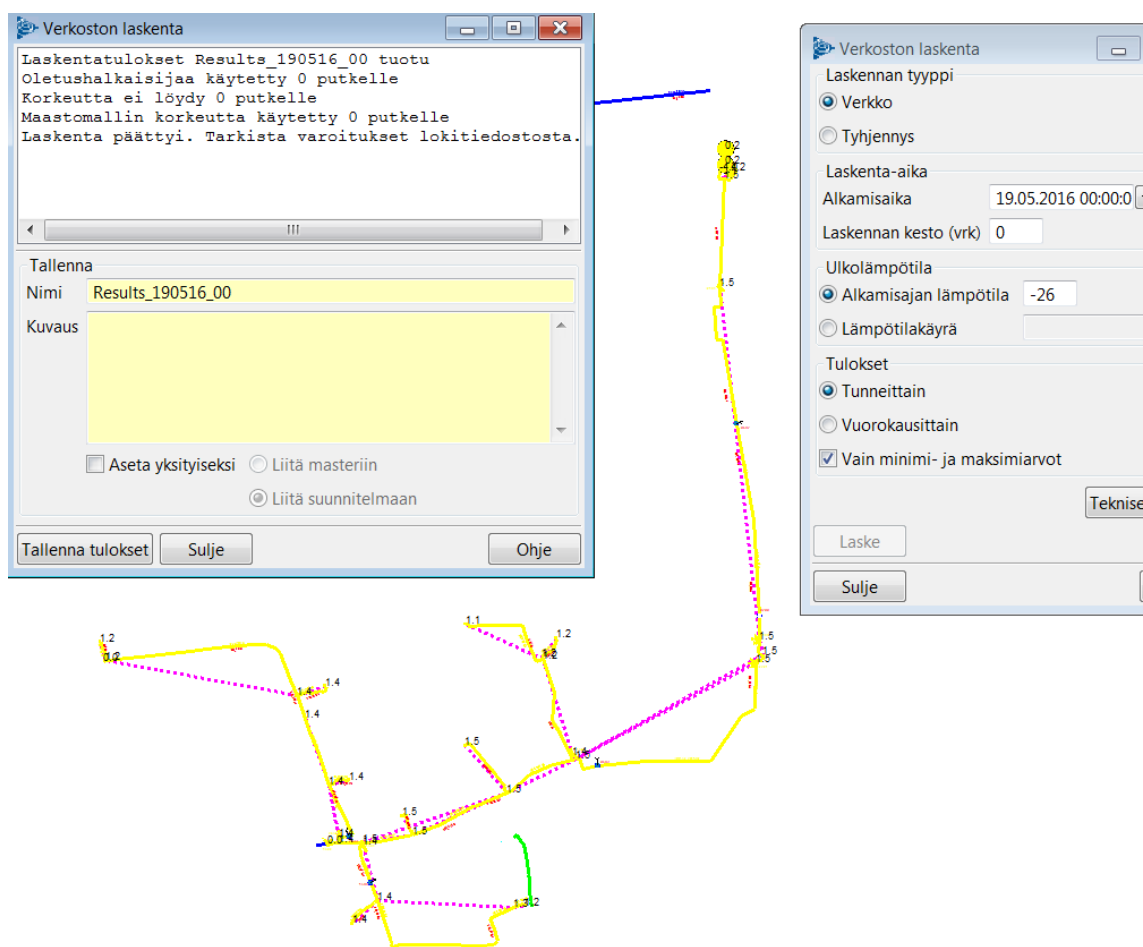
Tutkimushetkellä masterverkkomallissa olevien kaukolämpöjohtojen dokumentointi ei ollut laskennan suorittamisen kannalta vaadittavalla tasolla. Kaikki masterverkkomallin

johdot olivat dokumentoitu meno- ja paluujohdojen yhdistelmänä (kuva 19). Laskentaan käytettävässä verkkomallissa meno- ja paluujohdot tulee kuitenkin olla kaikkien pump-  
pujen kohdalla dokumentoituna joko menopuolen- tai paluupuolenjohtona.



Kuva 19. Masterverkkomallin ja laskentaverkkomallin johtoalkiot esitettynä samasta kohteesta Trimble NIS:n käyttöliittymässä

Myös masterverkkomallin johtoverkoston eheydestä löytyi tutkimustyötä tehdessä runsaasti virheitä, vaikka virheiden etsintää ei suoritettu kuin pienelle osalle laskettavaa verkkoa. Kaukolämpöverkon eheyttä testattiin masterverkkomallissa erottamalla pieni verkkoalue omaksi verkokseen, ja lisäämällä sinne yksi syöttöpiste, pumppu sekä paisuntasäiliö laskennan suorittamista varten. Laskenta ei kyennyt ratkaisemaan laskettavaa verkkoa yrityksistä huolimatta, ja laskettavan verkon kokoa pienennettiin, kunnes laskenta onnistui (kuva 20). Lopulta onnistunut laskenta saatiin suoritettua kuvan mukaisella verkko-osuudella.



Kuva 20. Onnistunut verkostonlaskenta masterverkkomallin osalla

Laskennan onnistumisen jälkeen käytiin lasketusta masterverkkomallin osasta läpi vielä johtoalkioiden korkeusasemat, sekä varmistettiin kaikkien kulutuspisteiden kytkeytyminen verkkoon. Johtojen korkeusasemista löytyi muutama virhe, joissa johtoalkion korkeusasema oli 0, tai muuten maastonkorkeusasemaan sopimaton korkeus. Liittymispisteet olivat kaikki oikein kytkettynä verkkoon.

Koko masterverkkomallin korjaamiseen menevää aikaa oli kokonaisuudessaan hankalampi arvioida. Korjaus tulisi aloittaa ensin syöttävien pisteiden, sekä pumppaamoiden kytkentöjen korjaamisella. Tässä käytettäisiin hyväksi nykyistä laskentaverkkomallia, ja sen avulla työmäärä vähenisi huomattavasti. Itse koko verkon korjaukseen ei oikotietä olisi. Masterverkkomalli tulisi käydä läpi alue kerrallaan, kuten tutkimustyössä tehtiin.

Pienenkin alueen korjaamiseen saattaa menemään aikaa useampi tunti, joten koko verkon korjaaminen virhemääristä riippuen, veisi karkean arvion mukaan aikaa noin 4 viikkoa. Korjauksen tekemisen aikana ei muita muutoksia verkkoon voisi tehdä, sillä se saataisi rikkoa verkkoa kohdista, josta sitä on jo ehditty korjaamaan.



## 8 Tutkimustyö tulokset ja johtopäätökset

Tutkimustyö jaettiin tutkimustyön alussa kolmeen eri tutkimusongelmaan, jotka olivat kaukolämpöverkon suunnittelu Trimble NIS:llä, kunnossapidon raporttien luominen Trimble NIS:llä sekä masterverkkomallin korjaaminen kaukolämpölaskentaan soveltuvaksi.

Ensimmäisessä tutkimustyössä tutkittiin Trimble NIS:n soveltuvuutta kaukolämpösuunnitelmien tekoon. Tutkimustyö suoritettiin tekemällä kaukolämpösuunnitelma Trimble NIS:llä kohteesta, joka oli Bentley Map PowerView’illä ja Terra-sovelluksia käyttämällä jo tehty.

Tutkimuksen lopputuloksena Trimble NIS:n todettiin kyllä kykenevän tuottamaan vaadittunlaisia suunnitelmia, mutta niiden tekemisen todettiin olevan huomattavasti työläämpää kuin alkuun oli ajateltu. Bentley Map PowerView’n piirustus- ja muokkaustyökalut todettiin huomattavasti Trimble NIS:n vastaavia monipuolisemmiksi ja jouhevammiksi käyttää. Toki cad-suunnitteluohjelmistolta tällaista voitiin odottaakin, mutta käytännön testauksessa ero järjestelmien välillä muodostui lopulta melko suureksi.

Huomattava ero ohjelmien välille muodostui myös ohjelmien suorituskvyssä. Trimble NIS hidasteli erittäin paljon varsinkin suurten tausta-aineistojen käsittelyssä. Kolme kertaa suunnittelutyön aikana järjestelmä kaatui kokonaan. Tätä selittänee osaksi Vantaan jätevoimalalla olevien tietoliikenneyhteyksien osittainen takkuilu, mutta kokonaan se ei tätä selitä. Suunnittelutyötä tehtiin myös Vantaan Energian Heidehofin toimipisteessä, jossa tietoliikenneyhteydet olivat erinomaiset, ja myös täällä järjestelmä saatiin kertaalleen kaatumaan. Bentley Map PowerView -ohjelma asennetaan aina työasemalle, ja käyttäjien kokemusten mukaan kaatuilua ja hidastelua ohjelmassa esiintyy erittäin harvoin. Tämä saattaa selittää myös osittain Trimble NIS:n kaatuilun, sillä se käynnistyy aina erilliseltä palvelimelta työaseman sijaan ja on täten riippuvainen verkkoyhteyksien toimivuudesta.

Myös tausta-aineostojen käsittelyssä ja muokkauksessa Trimblen NIS:n todettiin olevan kömpelö. Tilannetta, jossa saatavilla olevaa tausta-aineistoa ei koskaan jouduttaisi käsittelemään tavalla tai toisella suunnitelmien tekoon, ei liene koskaan tulossa. Tämän vuoksi nykyisten suunnitelmien tason säilyttämiseksi cad-pohjaisen suunnitteluohjelman korvaaminen kokonaan Trimble NIS:llä koettiin lähes mahdottomaksi. Varsinainen suunnitelmien piirtäminen Trimble NIS:llä kyllä onnistuu, mutta tausta-aineistojen vaativaan muokkaukseen järjestelmästä ei tällä hetkellä ole.

Tutkimustyön toisessa vaiheessa tutkittiin kunnossapitotöiden ja kunnossapitotietojen raporttien luomista Trimble NIS:llä, ja pyrittiin saamaan vastauksia siihen, kuinka raporteja pystyttäisiin jatkossa helposti tuottamaan.

Trimblen tekemät valmiit Access-raporttipohjat olivat jo aikaisemmin todettu riittämättömiksi, ja niitä ei raportointiin ole käytetty lainkaan. Myös tutkimuksessa kävi ilmi, että valmiiden raporttipohjien käyttö ei mahdollista, koska raporteilta halutaan vapaampaa muokattavuutta. Nykyiset valmiit raporttipohjat eivät tätä mahdollista.

Myöskään Trimble NIS:n käyttöliittymästä ei tutkimustyössä löytynyt minkäänlaista raportointityökalua kunnossapitotöiden ja havaintojen raportointiin. Tämä on puute, jonka myös Trimblen konsultit ovat itse myöntäneet.

Koska mitään valmista raportointityökalua ei tällä hetkellä ole kunnossapitotietojen raportointiin tarjolla, voi kattavia raportteja saada ainoastaan rakentamalla raportointipohjat itse jollakin raportointiin käytettävällä työkalulla. Tällaisia ovat esimerkiksi Microsoft Access, Cognos ja SQL developer. Ongelmallista tästä tekee se, että näiden ohjelmien ja raporttien tekeminen Trimble NIS:n käyttämästä tietokannasta vaatii erityisosaamista tietokantoihin, ja niihin tehtäviin kyselyihin liittyen. Tällaista osaamista ei kaukolämpöverkkojen henkilöstöllä tällä hetkellä ole.

Raportoinnin osalta päätettiin syksyllä aloittaa pelkästään Trimblen NIS:n raportointia käsittelevä kehitysprojekti. Projektiin osallistuu kaukolämpöverkkojen lisäksi myös Trimblen konsultteja. Projektin lopputuloksena on tarkoitus saada selvyys siitä, kuinka raportteja saadaan jatkossa muodostettua.

Tutkimuksen kolmannessa vaiheessa tutkittiin kaukolämpöverkon tämänhetkisen masterverkkomallin korjaamista siten, että se olisi Trimble NIS:n laskentasovelluksen käytettävissä. Tämän tutkimuksen tekijä oli itse mukana Trimblen kaukolämpölaskentasovelluksen hyväksymistestauksessa, joten tämä tutkimusaihe oli siltäkin osin tutkijalle itselleen erittäin tärkeä ja mieluinen. Koska tutkijalla itsellään oli negatiivisia muistikuvia masterverkkomallin soveltuvuudesta laskentakäyttöön, aiheutti tämä jo ennen varsinaista aiheen tutkimistyön aloittamista jonkinlaisia ennakkoluuloja tutkimusongelmaa kohtaa. Ennakkoluulot osoittautuivat kuitenkin turhiksi tutkimustyön edetessä. Masterverkkomallin korjaus ja tarkastelu laskettavaan kuntoon oli toki työlästä mutta kuitenkin selkeää.

Vaikka masterverkkomallin korjaaminen laskentaa varten veisi tutkimustulosten perusteella melkoisesti aikaa, ei itse korjausten tekeminen ole masterverkkomallin laskentaverkkona käyttämisen ongelmallisin kohta. Jos masterverkkomalli päädytään korjaamaan laskettavaan kuntoon, tulee se jatkossa myös pitää aina laskettavassa kunnossa. Tämä vaatii verkon ylläpitäjältä, joka tässä tapauksessa on kaukolämpöverkon dokumentoija, osaamista myös verkostolaskennan teoriaan sekä laskentasovelluksen käyttöön liittyen. Myös tuntemus laskettavasta verkosta tulee olla riittävällä tasolla, jotta verkkomallin ylläpito onnistuu niin, että ongelmia laskennan suorittamisessa ei muille käyttäjillä tule.

Masterverkkomallin korjaaminen laskettavaan kuntoon katsottiin erittäin tarpeelliseksi tulevaisuutta ajatellen. Vain yhden verkkomallin ylläpito selkeyttää dokumentointiprosessi erittäin paljon. Masterverkkomallin korjaukselle katsotaan tarkempi ajankohta myöhemmin. Samalla varataan tarvittavat resurssit sekä koulutukset henkilökunnalle uuden toimintamallin opetteluun ja omaksumiseen.

## 9 Yhteenveto

Tutkimustyön lopputuloksena saatiin vastauksia siihen, miltä osin Trimble NIS-verkkotietojärjestelmää tulisi voida jatkossa kehittää tutkittujen kehityskohteiden osalta.

Kaukolämpöverkonjohtosuunnitelmien tekoon Trimble NIS kyllä taipuu, mutta sen kankeus, hitaus ja puutteelliset ominaisuudet eivät puolla järjestelmän ottamista suunnittelukäyttöön. Järjestelmän toimittajan tulee kehittää suunnitteluun käytettäviä työkaluja huomattavasti, ennen kuin järjestelmän suunnittelukäyttöön ottamista voidaan Vantaan Energialla harkita.

Kaukolämpöverkon kunnossapitotöiden ja kunnossapitotietojen raportointi eivät tällä hetkellä vastaa niille asetettuja vaatimuksia. Työn lopputuloksena päädyttiin syksyllä aloittaa oma projektin raportointiin liittyen.

Trimble NIS:n masterverkkomallin korjaaminen laskettavaan kuntoon ei työmäärällisesti ole mahdolloman suuri asia. Tärkeämpää on jatkossa varmistua siitä, että henkilöstöllä on tarvittavat taidot ja ominaisuudet ylläpitää masterverkkomallia sillä tasolla, mitä laskentasovellus siltä toimiakseen vaatii.

## Lähteet

Energiavuosi 2015 – Kaukolämpö. 2015. PowerPoint-diasarja. Energiateollisuus  
< <http://energia.fi/kalvosarjat/energiavuosi-2015-kaukolampo> >. Luettu 10.5.2016

GIS Software for Viewing and Light Edits 2016 Verkkodokumentti  
< <https://www.bentley.com/en/products/product-line/infrastructure-asset-performance-software/bentley-map-powerview> >. Luettu 25.6.2016

Kaukolämmitys 2016. Verkkodokumentti. Energiateollisuus Oy  
<<http://energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys>>. Luettu 4.6.2016

Kaukolämmön käsikirja. 2006. Helsinki: Energiateollisuus ry. Kaukolämpö.

Kaukolämpö-toimintaperiaate 2016 Verkkodokumentti. Vattenfall  
<<https://corporate.vattenfall.fi/tietoaenergiasta/energianjakelu/kaukolampo/toimintaperiaate>>. Luettu 12.5.2016

Ohjelmistotuotteet 2016. Verkkodokumentti  
<<http://utilities.trimble.fi/kaukolaumImpoumlyhtioumlt.html>>. Luettu 12.5.2016

Vantaan Energia 2016. Verkkodokumentti. Vantaan Energia Oy.  
<<https://www.vantaanenergia.fi/me/vantaan-energia/>>. Luettu 2.6.2016

Jerlei.Andrus .2003.TerraHeat- käyttöopas.

Trimbe NIS käyttäjän käsikirja. Versio 15.2

## Sijoituslupa

Kun suunnittelet sijoittavasi yleiselle alueelle johtoja tai muita rakenteita, on rakentamiselle hankittava aina lupa. Yleisiä alueita ovat katu-, katuviher-, aukio- ja puistoalueet. Katualueille haetaan sijoitus- ja/tai kaivulupa. Puistoalueille tarvitset vain sijoitusluvan.

Sijoitus- ja kaivulupakäytännöt koskevat:

- maan alle sijoitettavia putkia ja kaapeleita, ilmajohtoja sekä niihin liittyviä rakenteita ja laitteita, joita ovat mm.
  - vesihuoltoputket
  - kaukolämpöputket
  - kaasuputket
  - sähkö- ja tietoliikennekaapelit
  - jakokaapit
- hulevesien johtamiseen liittyviä yksityisiä avouomia
- rakennusta/ rakennetta tai sen osaa, jos ne ulottuvat yleiselle alueelle
- pelastusteitä ja nostopaikkoja, jos ne sijaitsevat yleisellä alueella
- kiinteistön muuria tai aita, jos sen perustukset ulottuvat yleiselle alueelle

Seuraavissa tapauksissa katu-alueille tarvitaan ainoastaan kaivulupa + johtokartoituksen tilaus mittausosastolta, sijoituslupaa ei tarvita:

- pelastustien tai nostopaikan sijaitessa ajoradalla
- johdoille ei tarvitse hakea sijoituslupaa seuraavissa tapauksissa:
  - kadun poikittaisissa tonttiliittymissä
  - kadun suuntaisissa sijoituksissa:
    - jos vesihuolto-, kaukolämpö- ja kaasuputkien pituus on alle 20 m
    - jos sähkö- ja tietoliikennekaapelin pituus on alle 40 m
  - kaapelasennuksissa, kun putkitus on valmiiksi asennettu
  - paikallisille korjaustöille

## Sijoitussuunnitelma

Sijoitusluvan liitepiirustukset tulee toimittaa kahtena (2) kappaleena. Jos hakija haluaa piirustuksista oman leimatun kappaleen, tulee liitepiirustuksia toimittaa vastaava määrä enemmän.

Hakemuksen liitteenä tulee toimittaa kunnallistekniikkaan perehtyneen asiantuntijan tekemä sijoitussuunnitelma. Sijoitussuunnitelma on tehtävä kadun tai puistoalueen asemapiirrokseen, tyyppipoikkileikkauksiin sekä pituusleikkaukseen. Piirustuksia käytetään myös pohjana mikäli nykyiset kanta- ja johtokartta eivät ole ajan tasalla eli katu on juuri rakennettu. Mikäli kadusta ei ole olemassa ajantasaisia piirustuksia, sijoitussuunnitelma on tehtävä ajantasaiselle kanta- ja johtokartalle.

Sivun oikeasta laidasta löydät **sijoitusluvan liitepiirustusten mallipiirustukset**. Asemapiirustukset on luettavuuden parantamiseksi esitettävä värillisenä siten, että uudet johdot ja rakenteet viiteteksteineen esitetään punaisella, pohjakartta mustalla/harmaalla ja olemassa olevat johdot vihreällä.

Piirustusten minimikoko on 2 taittoa ja maksimikoko 6 taittoa. Piirustusmäärän vähentämiseksi suositellaan käytettäväksi mahdollisimman pitkiä piirustuksia. Valokuvasovitteet esim. jakokaappien sijoittamisesta ja muista maanpäällisistä rakenteista tulee liittää sijoituslupahakemukseen.

**Vantaan kaupungin paikkatietoaineisto**

Vantaan kaupungin paikkatietoaineisto	Tiedostomuoto
Kaukolämpöjohdot	dgn
Sähköjohdot	dgn
Vesi- ja viemärijohdot	dgn
Ajantasakaava	dgn,Tiff
Kantakartta	dgn
Osoitekartta	tiff
Opaskartta	tiff
Ortoilmakuva	ecv
Virastokartta	dgn
Pistepilvi	las
Maalajikartta	dgn





## Kunnossapidon vuosittaisen kunnossapitotarkastukset

**Kaukolämpökaivojen vuositarkastus ja siihen kuuluvat lajit ja niille tehtävät kunnossapito-havainnot:**

### Päältäkäytettävä kaivo

Tarkastetaan	
	Kuntotyytit
	KL_Kaivohuolto (päältäkäytettävä)
.....	KL_Kaivon löytyminen / kulku
.....	KL_Kansisto
.....	KL_Kaivossa vettä
.....	KL_Vuoto kaivossa
.....	KL_Betonirakenteet (Päältä)
.....	KL_Eristys (Päältä)
.....	KL_Eristysten korkit
.....	KL_Karttamerkintä

### Sisäänmentävä kaivo

Tarkastetaan	
	Kuntotyytit
	KL_Kaivohuolto (sis.mentävä)
.....	KL_Kaivon löytyminen / kulku
.....	KL_Kansisto
.....	KL_Kaivossa vettä
.....	KL_Vuoto kaivossa
.....	KL_Tikkaat
.....	KL_Betonirakenteet (sis.mentävä)
.....	KL_Tuuletus
.....	KL_Viemärointi
.....	KL_Tyhjennyspumppu
.....	KL_Putkisto
.....	KL_Eristys (sis.mentävä)
.....	KL_Karttamerkintä

### Sulkuventtiili:

Tarkastetaan	
	Kuntotyytit
	KL_Sulkuventtiilihuolto
.....	KL_Sulun kunto
.....	KL_Sulun käytettävyys
.....	KL_Sulun toimilaitteen / Karan kunto
.....	KL_Sulun ohituksen kunto

Ilmanpoistventtiili:



Tyhjennysventtiili:



**Lämmönjakohuoneiden vuositarkastus ja siihen kuuluvat lajit ja niille tehtävät kunnossapitohavainnot:**

Lämmönjakohuone:

